

LES CONDUITS DE RACCORDEMENT DES ÉMERGENCES AUX NIVEAUX DE BASE DES VALLÉES

Les anciennes émergences situées à proximité des vallées présentent très souvent des conduits supérieurs qui sont des adaptations aux variations du niveau de base régional. Trois cavités ardéchoises, dont l'organisation des réseaux attestait de variations importantes du niveau de base, ont déjà été évoquées (Bigot, 2002). Cependant, on trouve ailleurs des exemples beaucoup moins spectaculaires qui présentent les mêmes conduits de raccordement des émergences au niveau de base des vallées sur des dénivellations beaucoup plus modestes. La reconnaissance de ces phénomènes passe par l'observation des formes de corrosion et une typologie des conduits verticaux (Bigot, 2004a) qui permet de leur attribuer un fonctionnement hydrologique.

Afin d'apprécier l'évolution des idées sur la nature et le fonctionnement de ces conduits de raccordement, il a paru nécessaire de rappeler quelques observations anciennes et récentes.

I. Histoire des observations

En France, les premières observations morphologiques des conduits souterrains sont le fait des explorateurs. Très tôt, P. Chevalier reconnaît les « puits forés en conduite forcée » de la Dent de Crolles qui « paraissent tous avoir été parcourus de bas en haut » (Chevalier, 1944, p. 478). Cependant, il associe la formation des puits et des sources vauclusiennes à la disposition des couches géologiques et à des réseaux noyés. Les phénomènes extérieurs au karst comme l'alluvionnement et les variations du niveau de base dans les vallées ne sont pas abordés.

Les cavités qui gardent les traces des variations anciennes du niveau de base présentent un certain nombre de caractéristiques dont certaines ont été décrites par Philippe Renault.

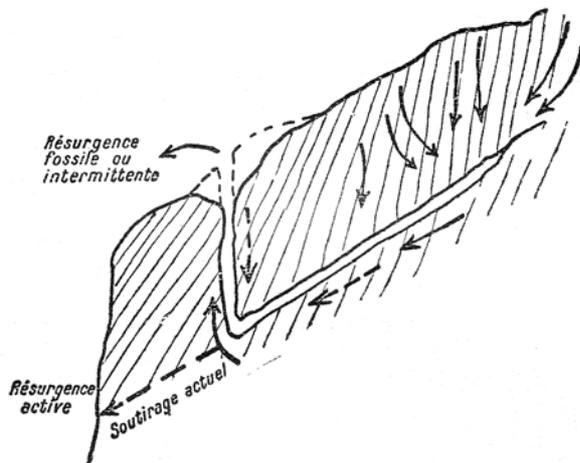


Fig. 7. — Formation d'un gouffre en conduite forcée

En effet, Ph. Renault (1967-68) a décrit les formes de creusement paragénétique, ainsi que les formes de corrosion sous remplissage : chenaux de voûte, pendants, lapiaz de voûte, etc. Cependant, il attribuait ces formes pariétales à des causes internes, tel le colmatage d'un siphon ou la formation d'un barrage de blocs, etc. Il n'a pas envisagé le rôle de phénomènes extérieurs au karst comme les variations du niveau de base régional.

Figure n° 1 : Avec la notion de « gouffre cheminée d'équilibre », on explique le creusement des conduits verticaux en « conduite forcée » (puits-émergence) lors d'une phase initiale, le « soutirage actuel » correspondant à une phase ultérieure... (Extrait de La Spéléologie scientifique de Félix Trombe. Coll. Que sais-je ? Puf édit., 1956, p. 24.)

Dans les années 60, des spéléologues avaient déjà noté le rôle de l'alluvionnement des vallées dans la formation de certains conduits de grotte. Jean-Claude Frachon avait émis l'hypothèse d'un remblaiement de la vallée de l'Ain pour expliquer les petits puits du réseau inférieur de la caborne de Menouille (Frachon, 1963 & 1971). Cette observation pertinente n'a pas été reprise dans les manuels de spéléologie et de karstologie qui ont dispensé pendant très longtemps les mêmes principes d'étagement des réseaux dans une logique toujours descendante des niveaux de base (Trombe, 1956, p. 14 ; Collignon, 1988, p. 70).

Dans les coupes schématiques de massifs calcaires qui illustrent les pages des manuels, les vallées, les alluvions et l'émergence sont souvent représentées. Toutefois, aucune organisation des conduits n'apparaît : le concept du « creusement profond » empêchait alors toute réflexion. En effet, les formes et l'organisation des conduits sont expliquées en une seule phase de creusement aboutissant au concept de creusement per ascensum - « cheminée d'équilibre » (**fig. n° 1**)- assez improbable (Trombe, 1956, p. 24). A aucun moment, les auteurs n'envisagent un premier creusement raccordé à un ancien niveau de base...

La barrière mentale qui gêne l'émergence d'autres idées s'appelle : « phénomène fondamental de l'enfouissement progressif des eaux » (Trombe, 1956, p. 14). Pendant plusieurs dizaines d'années, on n'admettra qu'un seul modèle, celui de l'étagement des réseaux du haut vers le bas. Même lorsque les exemples de cavités sont particulièrement démonstratifs, tel la grotte Favot dans les gorges de la Bourne (Vercors), des conclusions conformes au modèle antérieur sont proposées.

Cependant, des idées émergent notamment chez les karstologues qui travaillent dans les karsts situés à proximité de la mer. Le rôle du niveau de base marin est reconnu dans le dédoublement de certains conduits creusés dans la craie du Pays de Caux. J. Rodet (1992, pp. 104-105) plonge les émergences de côte normande et note la présence d'un conduit supérieur attribué à une élévation du niveau de base marin qui ne dépasse pas ici quelques mètres.

Quelques observations attestant des variations du niveau de base et les conduits d'adaptation aux nouveaux niveaux de base des vallées ont été effectuées dans la val d'Ason (Espagne) à la cueva Fresca (Bigot, 1992 & 1994) et à la cueva Coventosa.

Une observation capitale est effectuée dans la grotte du Garrel (Hérault) où des puits-cheminées (Boinet & Camus, 1998) ont été reconnus sur plus de 200 mètres de hauteur. Une première définition, intégrant la remontée du niveau de base, est proposée par H. Camus (Viala, 2000). L'analyse granulométrique des sédiments fins conservés dans ces puits permet de donner une définition hydrologique (Camus, 2003). Toutefois, les auteurs n'associent plus la présence des puits-cheminées à une remontée du niveau de base mais à des mises en charge.

Ph. Audra (2001) propose un modèle d'organisation verticale des réseaux non confinés. Les variations du niveau de base génèrent la formation de conduits remontants ; les eaux apparaissent sous la forme d'une émergence vaclusienne.

Il est admis que les niveaux de base peuvent varier et induire la formation de conduits de raccordement au niveau de base des vallées, notamment au droit des émergences. Trois exemples de cavités situées dans les gorges de l'Ardèche sont décrits (Bigot, 2002).

Enfin, L. Mocochain (2001, 2002, 2004 & 2006) propose un modèle d'étagement des réseaux selon un sens non conventionnel, du bas vers le haut, pour expliquer la formation des réseaux de la grotte de Saint-Marcel (Ardèche). Les réseaux les plus anciens se trouvent en bas et les plus récents en haut ; ils sont associés à des niveaux de base successifs liés à la transgression Pliocène.

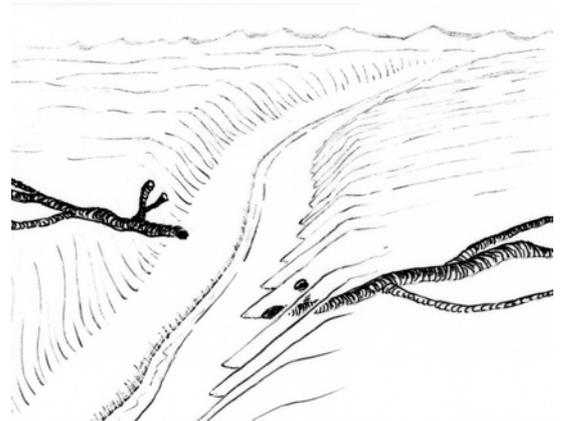
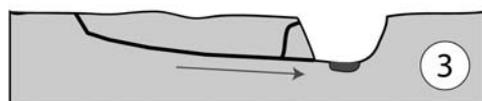
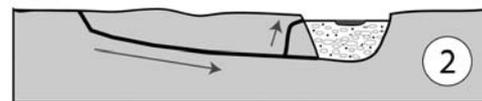
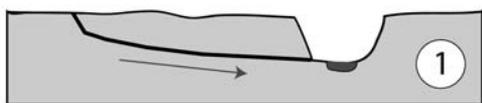


Figure n° 2 : Le modèle de « conduits en périscope » (octobre 2002).
Les réseaux présentent des conduits de raccordement que l'on peut observer dans les anciennes émergences.

II. Principe de fonctionnement des conduits de raccordement



Dans le karst, les réseaux hiérarchisés des écoulements souterrains se concentrent aux émergences. La permanence du fonctionnement de ces émergences, assure la formation d'un réseau souterrain très développé qui peut être exposé à des remontées du niveau de base. La réponse la plus économique aux contraintes externes est la mise en place d'un court conduit d'adaptation qui relie les écoulements dans les drains-collecteurs à la surface libre située au niveau de la vallée remblayée.

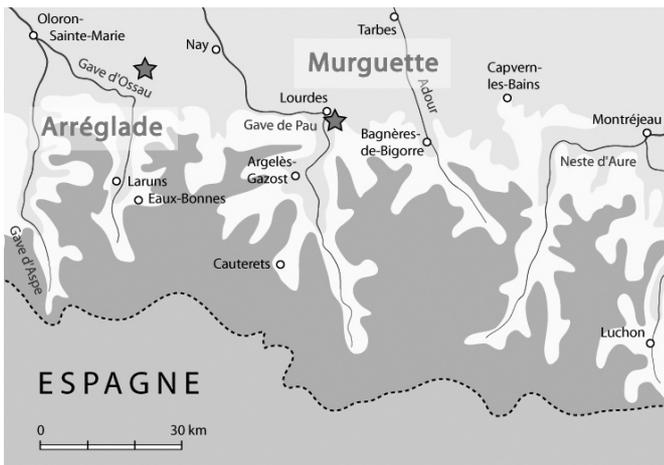
Figure n° 3 : Mise en place des conduits de raccordement au droit des émergences :

- 1) Etablissement d'un réseau dépendant d'un niveau de base de fond de vallée.
- 2) Remblaiement de la vallée par des alluvions.
- 3) Evacuation des alluvions et retour au stade initial.

L'ensemble du réseau hiérarchisé des drains ne subit, dans un premier temps, aucune modification. Si un haut niveau de base persiste, un nouveau réseau subhorizontal peut se développer au-dessus de l'ancien (Mocochain et al., 2006), mais la première adaptation est la formation de courts conduits de dérivation ou de raccordement reliant les circulations dans des conduits désormais submergés à la surface libre de la vallée. L'eau apparaît alors sous la forme d'une source vaclusienne.

Lorsque les conditions changent, l'eau des conduits subverticaux se vide, laissant des « puits » situés au droit des émergences (Bigot, 2004a). On peut résumer la formation de ces « conduits en périscope » (fig. n° 2) de la manière suivante (fig. n° 3) : 1 : la vallée se creuse et un réseau souterrain se développe, 2 : la vallée est remblayée par des alluvions et un conduit de raccordement se met en place, 3 : la vallée est recreusée et débarrassée de ses alluvions, la circulation à l'émergence redevient normale.

III. Deux exemples pyrénéens



Les observations faites dans de petites cavités pyrénéennes - la tute murquette et la grotte d'Arréglade (fig. n° 4) - permettent d'étendre le concept hors de la bordure méditerranéenne dans lequel il aurait pu être enfermé.

Des variations du niveau de base de moindre ampleur montrent qu'il existe dans les grottes des conduits similaires (voir liste in fine) à des conduits de raccordement déjà reconnus (Bigot, 2002).

Figure 4 : Carte de situation de la tute Murquette (Lourdes) et de la grotte d'Arréglade (Rébénacq).

a) La tute Murquette (Lourdes, Hautes-Pyrénées)

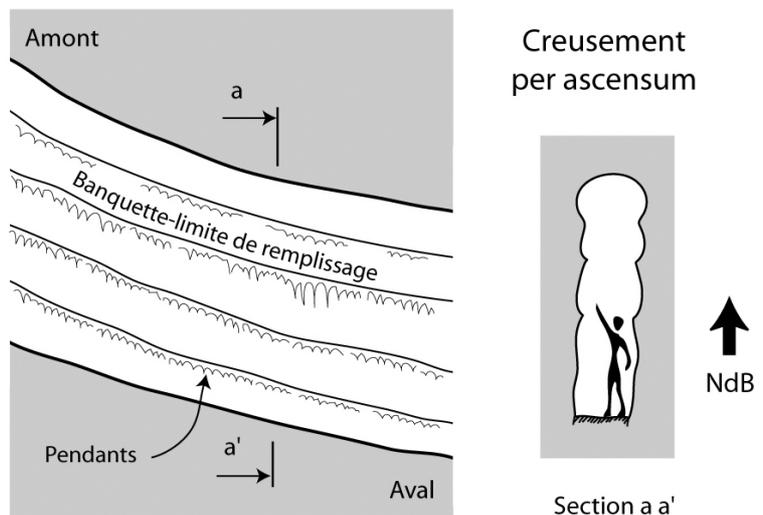
La tute Murquette (« tanière de souris » en patois) s'ouvre à environ 665 m d'altitude en rive droite du gave de Pau qui coule vers 400 m.

La cavité présente des formes noyées dans le boyau d'entrée et les traces d'un important comblement par des remplissages allochtones. Dans les parties inférieures de la cavité, on trouve des galets de granite de 30 cm de diamètre et des pendants de voûte. La présence du remplissage et des pendants montre que le fonctionnement de la cavité s'est maintenu durablement pendant la période de haut niveau de base.

Plus on progresse vers l'amont plus le diamètre des galets et des graviers diminue, à environ une quinzaine de mètres de la base du puits d'entrée on trouve la transition galets allochtones / argile limoneuse (« autochtone ») qui provient de l'intérieur du massif.

A la voûte, les conduits tortueux présentent un chenal et sur les parois des banquettes-limites de remplissages affectées par petits pendants (fig. n° 5).

Figure 5 : Banquettes-limites et pendants dus à la remontée du niveau de base (NdB), secteur dit du « méandre » vers -10 m.



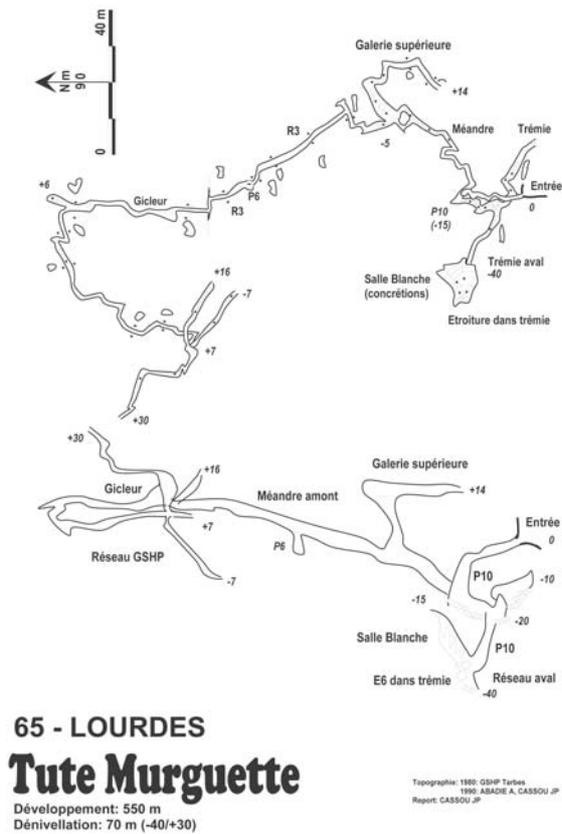


Figure 6 : Topographie de la tute Murguette (d'après Jean-Pierre Cassou).

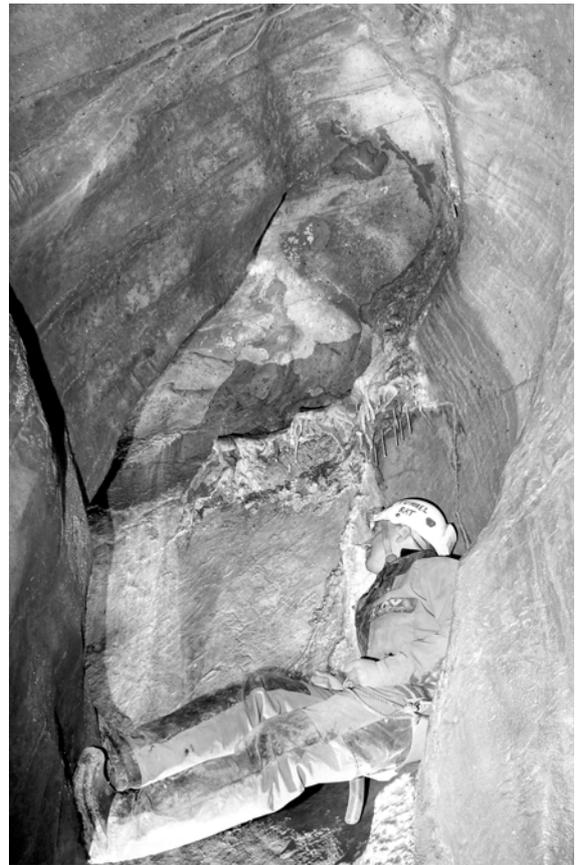


Figure n° 7 : Chenal de voûte.

La cavité a évolué de bas en haut (creusement per ascensum) probablement à partir d'un conduit existant au tracé tortueux ou méandrique comme le suggère le plan (fig. n° 6).

Ce tracé tortueux initial a été peu modifié par le creusement du chenal de voûte (fig. n° 7) qui a évolué verticalement au point que la cavité ressemble à un classique méandre. Le chenal a régularisé la partie sommitale, du conduit mais a laissé intact les courbes du tracé originel.

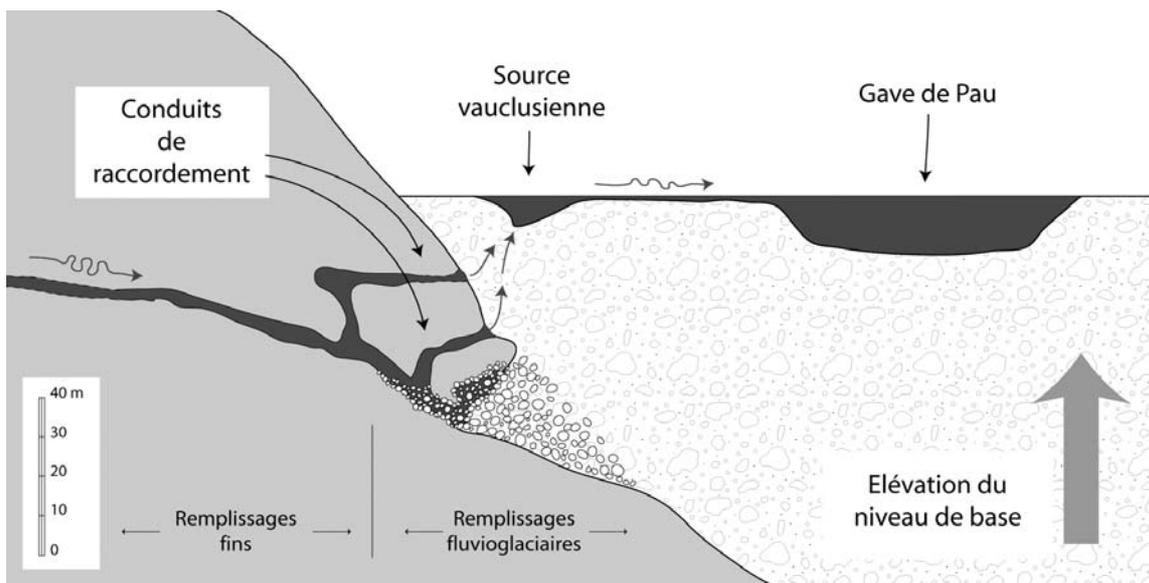


Figure 8 : Coupe schématique du fonctionnement des conduits de raccordement de la tute Murguette.

On peut résumer l'histoire de la tute Murguette de la manière suivante.

Un conduit sinueux alimenté par des eaux issues d'un plateau situé à l'est du gave de Pau se forme en direction de la vallée de Lourdes. L'accumulation d'alluvions fluvioglaciaires dans la vallée contraint les circulations à creuser un chemin de drainage pour rejoindre le nouveau niveau de base (**fig. n° 8**).

Le creusement se fait per ascensum dans un contexte noyé permanent. Le maintien durable du haut niveau de base génère une corrosion sous remplissage dans les parties inférieures (pendants) et le creusement d'un chenal dans les parties supérieures. Les pendants sont bien développés dans les parties basses alors qu'ils le sont beaucoup moins dans le « méandre » dont les parois présentent des banquettes et des pendants (**fig. n° 5**). Cette différence de développement des pendants traduit la vitesse de creusement per ascensum du conduit qui s'est adapté rapidement au nouveau niveau de base de la vallée. La baisse, probablement soudaine, du niveau de base dans la vallée entraîne le déblaiement des remplissages (fins et grossiers) qui s'étaient accumulés dans la cavité.

b) La grotte d'Arréglade (Rébénacq, Pyrénées-Atlantiques)

L'entrée de la grotte d'Arréglade présente un boyau étroit aux formes tubulaires. La galerie d'entrée s'élargit pour déboucher dans une large galerie à fond plat. On note partout des encoches de niveaux d'eau soulignées par des remplissages de galets roulés.

La galerie d'entrée (**fig. n° 9**) est très bien raccordée au plafond plat par une sorte de chenal qui prend naissance à la voûte de la galerie et assure la transition entre le toit plat de la galerie inférieure et la galerie d'entrée.

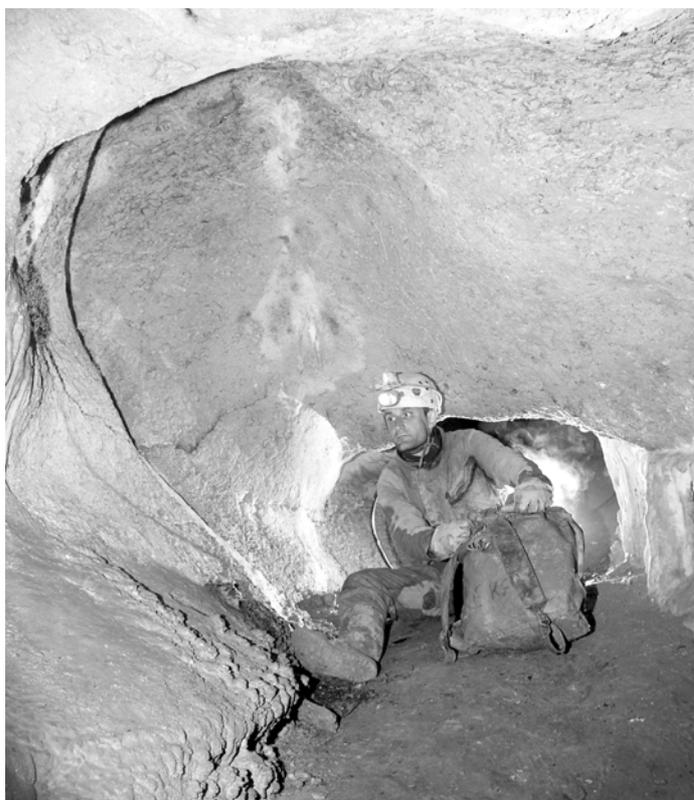


Figure 9 : Galerie d'entrée de la grotte d'Arréglade. Noter la forme tubulaire et lisse, l'abaissement du niveau de la vallée a eu pour effet de laisser intactes les formes pariétales de la galerie.



L'amont de la galerie au plafond plat va en s'amenuisant avec l'importance des remplissages pour se colmater totalement (**fig. n° 10**).

Figure 10 : La galerie amont et son plafond plat. On devine en haut à gauche la naissance du conduit de raccordement qui se prolonge dans la galerie d'entrée.

Vers l'aval les volumes sont plus importants, on arrive dans un système de galeries remontantes comportant des banquettes-limites de remplissages associées à des pendants et bien sûr à des remplissages (galets roulés).

Cette partie a été colmatée totalement comme en témoignent les petits lapiaz de voûtes au sommet des galeries. Même les chenaux de voûte sont affectés par des pendants ce qui indique un colmatage total et une interruption des circulations.

Il faut noter que la galerie d'entrée ne possède pas de tels indices de colmatage, elle constitue probablement la sortie la plus récente des eaux qui circulaient dans la grotte, lorsque les galeries aval étaient entièrement colmatées (**fig. n° 11**).

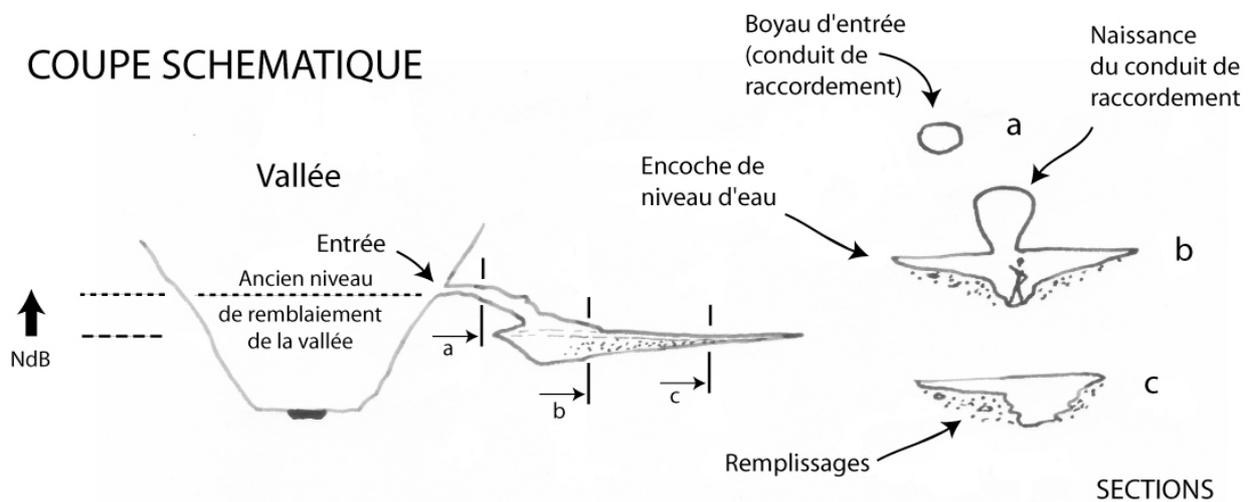


Figure n° 11 : Coupe de la grotte d'Arréglade (Rébénacq, Pyrénées-Atlantiques) montrant le conduit de raccordement au niveau de base (NdB) de la vallée.

c) Interprétations

Lorsque le spéléologue emprunte un conduit supérieur pour accéder aux parties actives des réseaux souterrains, il pense d'abord que ce conduit correspond à un écoulement temporaire, mais ce n'est pas toujours le cas. Les anciennes émergences ayant dû s'adapter aux variations des niveaux de base sont très nombreuses, on les a souvent confondues avec des exutoires temporaires ou de mises en charge alors qu'il s'agit d'un fonctionnement passé qui s'est mis en place dans des conditions différentes de l'actuel.

Les conduits pénétrables sont probablement les derniers à avoir fonctionné ; les plus anciens étant colmatés depuis longtemps. Pour les gouffres et les pertes anciennes, le phénomène est particulièrement évident, mais il l'est également pour les anciennes émergences dans lesquelles on peut observer les toutes dernières phases de fonctionnement. On pénètre généralement par un conduit supérieur qui débouche sur le cours souterrain, le conduit inférieur étant obstrué par des alluvions.

Si on admet que les derniers conduits empruntés par l'eau sont ceux qui sont les plus facilement pénétrables, alors on peut admettre que les conduits supérieurs des émergences sont aussi les derniers à avoir fonctionné ; c'est le cas de la grotte d'Arréglade et de la tute Murguette.

Pour élargir la portée du modèle, que nous pensons largement répandu, il est proposé une liste non exhaustive de cavités françaises qui possèdent un conduit de raccordement aux niveaux de base supérieurs.

IV. Quelques exemples de cavités françaises répondant au modèle

Il est présenté une liste de cavités pouvant répondre au « modèle en périscope ».

Pour des raisons de simplification, seules les cavités encore fonctionnelles ont été retenues. En effet, les grottes doivent avoir dans leur périmètre immédiat une émergence pérenne pour être identifiée comme ancienne émergence. Celles qui ne possèdent pas de conduits inférieurs pérennes ou temporaires ont été écartées. Il s'agit là d'une sélection arbitraire, car il est évident qu'il existe des émergences « mortes » répondant au modèle, mais qui ne présentent plus de fonctionnement actuel. Bien sûr, il sera possible de compléter cette liste (**fig. n° 12**).

**LES CONDUITS DE RACCORDEMENT DES ÉMERGENCES
AUX NIVEAUX DE BASE DES VALLÉES**

Entrée	Nom	Commune	Dépt	Altitude	Déniv.	Vallée
Sup.	Grotte du Crochet supérieure	Torcieu	01	513 m	203 m	Vallée de l'Albarine
Med.	Grotte du Crochet inférieure			408 m		
Inf.	Grotte du Pissoir			310 m		
Sup.	Aven Rochas	Saint-Remèze	07	260 m	210 m	Gorges de l'Ardèche
Inf.	Event de Midroï			50 m		
Sup.	Event supérieur	Salavas	07	191 m	118 m	Gorges de l'Ardèche
Med.	Aven Cordier			145 m		
Inf.	Event de Foussoubie			73 m		
Sup.	Grotte Baudin	Mouthier-Haute-Pierre	25	475 m	55 m	Vallée de la Loue
Inf.	Source du Verneau			420 m		
Sup.	Grotte de la Vieille Roche	Mouthier-Haute-Pierre	25	478 m	78 m	Vallée de la Loue
Med.	Grotte des Faux-Monnayeurs			443 m		
Inf.	Source du Pontet			400 m		
Sup.	Aven Grégoire	Tharoux	30	230 m	121 m	Vallée de la Cèze
Inf.	Grotte des Fées			109 m		
Sup.	Grotte du Garrel	Saint-Jean-de-Buèges	34	193 m	26 m	Vallée de la Buèges
Inf.	Foux de Saint-Jean			167 m		
Sup.	Aven des Lauriers	Laroque	34	237 m	109 m	Vallée de l'Hérault
Inf.	Les Sourcettes			128 m		
Sup.	Grotte de Bédelbour	Saint-Pons-de-Thomières	34	510 m	60 m	Vallée des Thérondels
Inf.	Source des Thérondels			450 m		
Sup.	Grotte Favot	Rencurel	38	880 m	200 m	Gorges de la Bourne
Inf.	Goule Noire			680 m		
Sup.	Caborne de Menouille	Cernon	39	397 m	67 m	Vallée de l'Ain
Inf.	Résurgence			330 m		
Sup.	Aven de Castelbouc	Prades-Sainte-Enimie	48	431 m	47 m	Gorges du Tarn
Inf.	Grotte de Castelbouc n° 1			478 m		
Sup.	Grottes de Bétharram	Asson	64	410 m	80 m	Gave de Pau
Inf.	Ayges de Mélat	Saint-Pé	65	330 m		

Figure n° 12 : Liste de cavités et d'émergences répondant au modèle des conduits de raccordement.
Sup. : entrée supérieure ; Med. : entrée intermédiaire ; Inf. : entrée inférieure.

Références bibliographiques

- AUDRA Ph. (1997) – Les réseaux noyés profonds français et leur origine. *Actes de la 7^e Rencontre d'Octobre, SCP édit.*, La Sainte-Baume, pp. 27-31.
- AUDRA Ph. (2001) – L'organisation verticale des réseaux karstiques non confinés. Contrôle de la structure et du niveau de base. *Congrès suisse de spéléologie*, Genève, 4 p.

- AUDRA Ph., MOCOCHAIN L., CAMUS H., GILLI E., CLAUZON G. & BIGOT J.-Y. (2004) – The effect of the Messinian Deep Stage on karst development around the Mediterranean Sea. Examples from Southern France. *Geodinamica Acta*, n° 17/6, pp. 389-400.
- BIGOT J.-Y. (1992) – Les remplissages des galeries Bleue, Lucarne et 5^{ème} Avenue de la Cueva Fresca, Val d’Ason, Cantabria, Espagne. *Grottes & Gouffres, Bull. S. C. Paris*, n° 126, pp. 31-44.
- BIGOT J.-Y. (1994) – Les canyons de la cueva Fresca en passant par le Grand raccourci, Val d’Ason, Cantabriques. *Grottes & Gouffres, Bull. S. C. Paris*, n° 134, pp. 15-28.
- BIGOT J.-Y. (2002) – Conduits ascendants dans les gorges de l’Ardèche : les avens Cordier, Rochas et de Noël. *Actes de la douzième Rencontre d’Octobre*, La Bachellerie, 5 - 6 octobre 2002, n° 12, pp. 15-19.
- BIGOT J.-Y. (2004a) – Les puits et conduits subverticaux. *Spéléo*, n° 49, pp. 24-26.
- BIGOT J.-Y. (2004b) – Les puits et conduits subverticaux, l’exemple de l’aven de la Pépette, Simiane-la-Rotonde, Alpes-de-Haute-Provence, France. *Atti della Tavola Rotonda Internazionale “Grotte e carsismo nel gruppo delle Grigne e nelle valli del Lario”*, Valsassina, 2-5 septembre 2004. *Le Grotte d’Italia, Revista dell’Istituto Italiano di Speleologia e della Società Speleologica Italiana, Serie V, n. 5*, Frasassi, pp. 57-62.
- BIGOT J.-Y. (2005) – Les recoupements de méandre, le cas de la grotte de Saint-Marcel. *Actes numériques des 4^e Rik-Rak, Seyssins, 15 & 16 janvier 2005*.
- BOINET D. & 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, SCP édit.*, Avignon, pp. 12-13.
- CAMUS H. (2003) – *Vallées et réseaux karstiques de la bordure carbonatée sud-cévenole. Relations avec la surrection, le volcanisme et les paléoclimats*. Thèse de géographie physique - Géomorphologie. Université Michel de Montaigne – Bordeaux III, 675 p.
- CHEVALIER P. (1944) – Distinctions morphologiques entre deux types d’érosion souterraine. *Rev. Géogr. Alpine*, XXXII/III, pp. 475-486.
- COLLIGNON B. (1988) – Spéléologie, approches scientifiques. *Edisud édit.*, 238 p.
- FRACHON J.-C. (1963) - Etude du réseau souterrain de Cerdon-Menouille. *Spelunca*, n° 3, pp. 24-26.
- FRACHON J.-C. (1971) – La caborne de Menouille (Cernon, Jura français). *Actes de 4^e congrès suisse de spéléologie*, Neuchâtel, sept. 70, pp. 125-137.
- LISMONDE B. (1997) – La Dent de Crolles et son réseau souterrain. *CDS Isère édit.*, Grenoble, 303 p.
- MOCOCHAIN L., 2001 – Les implications des évènements fini-miocènes et pliocènes dans la karstogenèse et l’hydrogéologie du Bas Vivarais calcaire (Ardèche, France). Mém. de maîtrise de géographie physique soutenu le 4 juillet 2001, Univ. de Provence, UFR de Géographie, 75 p.
- MOCOCHAIN L., 2002 – Utilisation des marqueurs chronostratigraphiques miocènes et pliocènes pour l’étude karstologique et hydrogéologique du Bas-Vivarais (Ardèche, France). Mém. de DEA soutenu le 21 juin 2002, Univ. de Provence, UFR de Géographie, 43 p.
- MOCOCHAIN L., 2004 – Les impacts directs et différés de la crise de salinité enregistrés dans le karst ardéchois. *Le Grotte d’Italia*, série V, n° 5, Frasassi 2004, pp. 91-104.
- MOCOCHAIN L., CLAUZON G. & BIGOT J.-Y., 2006 – Réponses de l’endokarst ardéchois aux variations eustatiques générées par la crise messinienne. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, n° 1, t. 177, pp. 27-36
- RENAULT Ph., 1967-68 – Contribution à l’étude des actions mécaniques et sédimentologiques dans la spéléogénèse. *Annales de Spéléologie*, 22 (1) : 5-21 ; 22 (2) : 209-267 ; 23 (1) : 259-307 ; 23 (3) : 529-593.
- RODET J. (1992) – La craie et ses karsts. *CNEK & Groupe Seine édit.*, 560 p.
- TROMBE F. (1956) – La spéléologie. *PUF édit.*, Paris, coll. « Que sais-je ? », 128 p.
- VIALA C., 2000 – Dictionnaire de la spéléologie. Archéologie souterraine, biospéléologie et écologie souterraine, karstologie, maladies et risques spécifiques, matériels utilisés en spéléologie, paléontologie du Quaternaire, préhistoire souterraine, spéléologie physique, techniques de progression souterraine, termes et expressions régionales. Eléments de géomorphologie karstique, de géologie, de tectonique, d’hydrogéologie, principales cavités et régions karstiques, etc. *Spelunca Librairie Fédération française de spéléologie édit.*, 264 p.