



# Des bulles dans les gours...

Jean-Yves BIGOT

Personne n'a jamais pris les gours pour des jacuzzi ou même vu des bulles de Champagne remonter du fond des vasques... Et pourtant tous les chemins de bulles relevés dans les gours fossiles des grottes de Saint Marcel (Ardèche) conservent des traces indiscutables de dégazage...



◁ Dans la galerie des Pierre, aven Noir, Aveyron.

Photo Serge Caillault

◁ Fig. 1 : Chemin de bulles dans la grotte hypogène de l'Adaouste (Jouques, Bouches-du-Rhône).

Photo Jean-Yves Bigot

Bizarrement, le terme de chemins de bulles (*bubble trails* en anglais) est d'abord apparu [Chiesi & Forti 1987] dans la littérature des groupes de recherches italo-américains qui travaillaient sur les grottes hypogènes, plus précisément sur les grottes d'origine thermique. Aucune mention ne fait état de chemins de bulles dans les grottes épigènes, c'est-à-dire les grottes « normales » creusées par les eaux météoriques.

Dans le cas des cavités hypogènes, les chemins de bulles des grottes correspondent

souvent à des remontées de gaz carbonique dissout dans l'eau, ce gaz se transforme en micro-bulles qui deviennent de plus en plus grosses au fur et à mesure qu'elles approchent de la surface. En France, on connaît des chemins de bulles dans la grotte hypogène de l'Adaouste, Bouches-du-Rhône (Audra et al., 2009).

La répétition du passage de bulles qui « courent » sous les parois surplombantes des conduits subverticaux corrode le calcaire au point de laisser une trace ou une cannelure bien visible sur la roche (fig. 1).

Les chemins de bulles n'ayant été décrits que dans les cavités hypogènes, on aurait pu croire qu'il s'agissait de caractéristiques spécifiques liées aux remontées d'eaux profondes. Il semblerait que ce phénomène soit plus largement présent, avec la découverte de chemins de bulles dans les gours des grottes du Gard et de l'Ardèche. On pourra s'étonner que le phénomène naturel de dégazage dans des bassins concrétionnés soit passé inaperçu dans la communauté spéléologique.

Si on peut expliquer la présence de chemins de bulles dans les cavités hypogènes, il n'en va pas de même pour les gours fossiles des garrigues languedociennes. On s'attachera d'abord à décrire le phénomène observé dans des gours fossiles avant de proposer un début d'explication.

## 1. Le grand gour blanc de l'aven de l'Aspirateur (Montclus, Gard)

En bas des puits d'entrée de l'aven de l'Aspirateur (Montclus, Gard), vers la cote -60, on prend pied dans une sorte de cuve aux parois très blanches qui n'est autre qu'un ancien gour (fig. 2). Les concrétions pariétales de ce gour se sont, bien sûr, formées sous l'eau, mais

on y observe aussi des chenaux subverticaux inscrits en creux sur la paroi.

Il s'agit de chemins de bulles comme l'indiquent « les pièges à bulles », sortes de micro-concavités de couleur sombre (fig. 3). On imagine facilement des bulles piégées dans les surplombs que présente la paroi du gour.

Le diamètre des chenaux ou des chemins de bulles, qui peut atteindre 1 cm, devient plus important dans les parties hautes du bassin à l'approche de la limite horizontale qui marque l'ancienne surface de l'eau. Ce qui semble normal car il y a concentration et hiérarchisation des chemins de bulles surtout dans les parties surplombantes et concaves (« pièges à bulles »). En outre, le diamètre ou demi-diamètre du chemin de bulles, imprimé en creux dans la paroi, résulte probablement de l'augmentation du volume de l'air avec la diminution de la pression de l'eau.

Une nouvelle série d'observations dans une autre cavité, l'aven de Noël, va nous mettre sur la voie.

## 2. Les gours de l'aven de Noël (Bidon, Ardèche)

L'inspection minutieuse des gours de l'aven de Noël a permis d'identifier le phénomène responsable des chemins de bulles corrodés.

Les nombreux gours situés dans la galerie principale près de l'intersection avec la galerie de la Grande coulée présentent des formes remarquables de corrosion comme une coupole de gaz aux formes parfaites (fig. 4).

### - Les micro-coupoles en chapelet

La configuration exceptionnelle des gours de la Grande coulée a permis d'attester le rôle





◁ ◁ Fig. 2: Chemins de bulles dans le grand gour blanc de l'aven de l'Aspirateur (Montclus, Gard).

◁ Fig. 3: Vue en contre-plongée des chemins de bulles en partie concrétionnés (à gauche) débouchant dans une concavité (zone sombre). On note que les phénomènes (bulles et concrétionnement) sont concomitants.

▷ Fig. 4: Chapelet de micro-coupoles dues au dégazage des gours.

▽ Fig. 5: Gours de l'aven de Noël (Bidon, Ardèche), galerie de la Grande coulée. Aujourd'hui, la plupart des gours des cavités de la région sont vides et fossiles.

▽▽ Fig. 6: Reconstitution d'un gour en activité de l'aven de Noël.

Photos Jean-Yves Bigot

extrêmement corrosif du gaz dissout dans les eaux des gours.

Le gour s'est formé dans une zone où s'ouvrent de petits conduits au bas de la galerie principale de l'aven de Noël. Ces conduits en roche se sont trouvés ennoyés par le barrage formé par le gour. Les parois de ces conduits sont concrétionnées comme le reste des bassins à surface libre. En effet, les bassins créés par les retenues de gours comprennent une surface libre, qui correspond à la galerie principale haute et bien dégagée, et les conduits en roche qui étaient alors entièrement noyés.

Dans la partie entièrement noyée du gour, les parois surplombantes et les plafonds des gours présentent des chemins de bulles et des coupoles non concrétionnées (roche à nu) reliées entre elles par un chenal (fig. 4).

Au centre d'une coupole parfaitement circulaire, il existe un creux de forme conique.

L'alignement des micro-coupoles se présente comme un chapelet de concavités étagées et aplaties se déversant les unes dans les autres selon un profil légèrement ascendant en direction de la surface libre du gour (fig. 6).

Ces micro-coupoles en chapelet attestent l'existence d'un gaz formé à l'intérieur du gour qui s'échappe régulièrement à la surface de l'eau.

**- Les chemins de bulles**

On remarque que les parois des gours présentent des lignes ou structures verticales; ces cannelures sont dues aux chemins de bulles qui tendent à isoler les unes des autres des concrétions pariétales.

Les chemins de bulles délimitent des bandes verticales à l'intérieur desquelles croissent les concrétions.

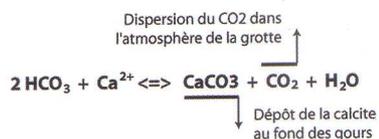
Les chemins de bulles (fig. 7, page suivante) jouent un rôle dans l'organisation et le développement de certains concrétionnements sur les parois des gours, tels les mamelons aquatiques.

**3. Interprétations**

Dans l'aven de Noël, on trouve en certains endroits des « fosses » ou soutirages qui défoncent le plancher de la galerie. Ces soutirages sont dus aux arrivées d'eau en plafond; il s'agit souvent de gours à sec, autrefois alimentés, qui recouvrent le sol de la galerie. À d'autres endroits, les soutirages ont été occupés par des lacs concrétionnés qui s'étendaient sur toute la largeur de la galerie. Il existe une corrélation évidente entre les cheminées de la galerie principale de l'aven réutilisées par les circulations provenant de la surface, les massifs concrétionnés, les soutirages, et la présence d'anciens gours (fig. 8, page suivante).

En effet, les eaux des gours présentant des phénomènes de dégazage (chemins de bulles), proviennent de la surface du plateau; elles ont eu le temps de se charger en CO<sub>2</sub> et de dissoudre un peu de calcaire. Leur stagnation dans des bassins de rétention (gours) permet au calcaire dissout de se déposer au fond et sur les parois en libérant le gaz qui a permis leur dissolution.

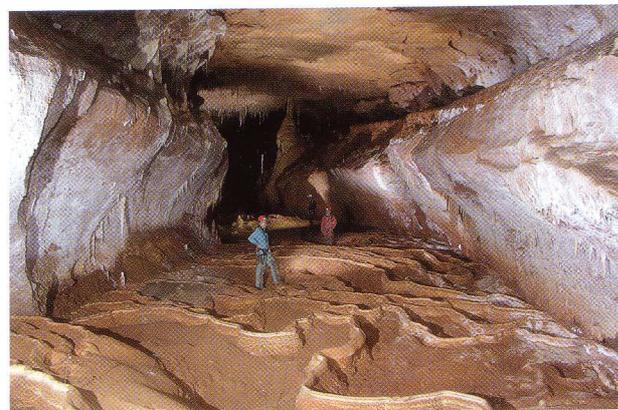
**L'équation-bilan :**



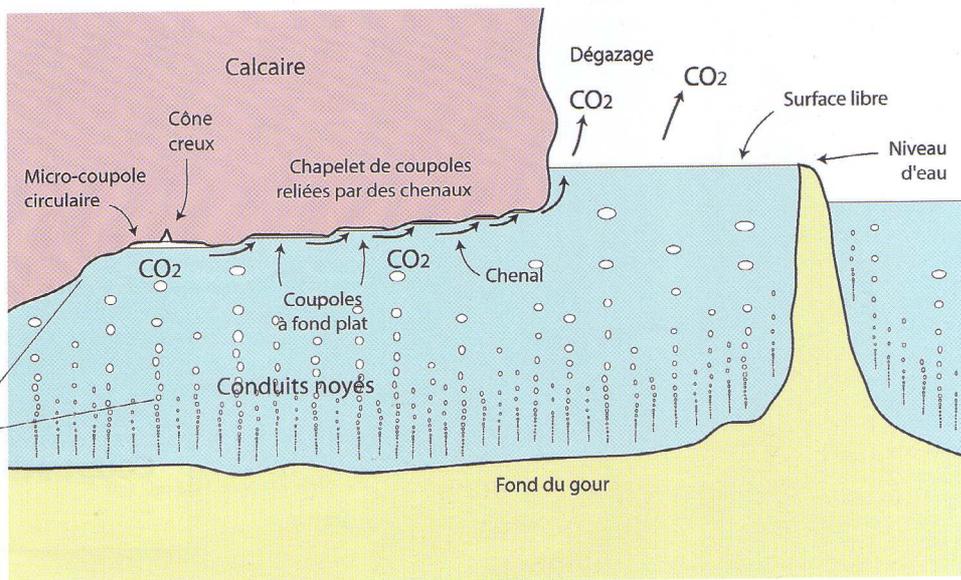
Cette équation résume les équilibres calco-carboniques qui régissent les réactions physico-chimiques les plus courantes entre la calcite, l'eau, et le gaz carbonique.

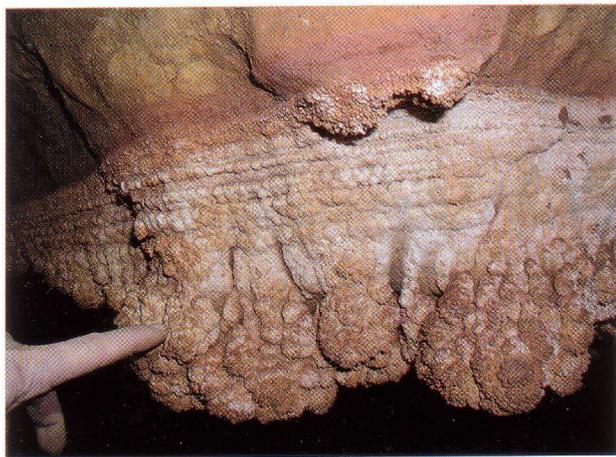
Aujourd'hui, la plupart des gours dans les grottes des gorges de l'Ardèche sont secs et probablement fossiles; il faut donc imaginer des conditions climatiques et pédologiques très différentes pour qu'un concrétionnement aussi important puisse se former. En effet, un climat plus humide et la présence d'un sol permettant aux eaux de pluie de se charger en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) constituent des conditions bien plus favorables.

On sait que l'apport de gaz carbonique augmente considérablement l'agressivité de l'eau qui engendre alors d'intenses phénomènes de dissolution. Lorsque l'eau, très chargée en gaz carbonique, sort du système de fissures de la zone superficielle pour



1: Il existe des coupoles similaires, en forme de « chapeau mexicain », dans les cavités de la commune de Camou-Cihigue (Pyrénées-Atlantiques). Les coupoles coniques de la grotte d'Idobelte (OX14) dans le vallon d'Oxibar et du gouffre OX655 ne se situent jamais très loin d'un ancien niveau d'eau.





▽ Fig. 7 : Chemins de bulles entre des concrétions aquatiques en mamelons.

△ Fig. 8 : Cycle du CO<sub>2</sub> d'origine biogénique : recharge, dissolution du calcaire, migration du CO<sub>2</sub> dissout et dégazage.

Photo et figure Jean-Yves Bigot

entrer dans un espace moins confiné comme des vides souterrains bien aérés, l'équilibre chimique se modifie, il y a dégazage dans l'atmosphère des cavités et précipitation de la calcite.

Les circulations abondantes tombent des voûtes et alimentent les gours de l'aven de Noël ; les eaux n'ont pas le temps de libérer totalement leur CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de la grotte, et poursuivent leur dégazage dans les bassins (gours) formées sur le sol des galeries (fig. 8).

Les bulles de gours ne seraient donc que l'expression d'un phénomène physico-chimique très classique et par ailleurs très bien connu, mais dont les témoins souterrains sont passés inaperçus.

**Références**

- Audra Philippe, Mocochoain Ludovic, Bigot Jean-Yves et Nobécourt Jean-Claude (2009) – The association between bubble trails and folia : a morphological and sedimentary indicator of hypogenic speleogenesis by degassing, example from Adaouste Cave (Provence, France). International Journal of Speleology, vol. 38, n° 2, p. 93-102. www.ijs.speleo.it
- Bakalowicz Michel (1979) – L'anhydride carbonique dans la karstogenèse. Act. Symp. Intern. Erosion karst., Marseille, p. 41-48.
- Bourges François, Mangin Alain & D'Hulst Dominique (2001) – Le gaz carbonique dans la dynamique de l'atmosphère des cavités karstiques : l'exemple de l'Aven d'Orgnac (Ardèche). C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des Planètes/Earth and Planetary Sciences 333, p. 685-692.
- Chiesi Mauro & Forti Paolo (1987) – Studio morfologico di due nuove cavità carsiche dell'Iglesiente (Sardegna Sud occidentale). Ipoantropo, vol. 4, p. 40-45.
- Collignon Bernard (1988) – Spéléologie, approches scientifiques. Édusud, Aix-en-Provence, 240 p.
- Faverjon Marc (2008) – Aérologie. Le réseau souterrain des grottes de Saint-Marcel-d'Ardèche. CDS 07 édit., p. 212-217.

**4. Origine du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>)**

Le gaz carbonique est omniprésent dans l'atmosphère souterraine des réseaux du plateau de Saint-Remèze ; des relevés de teneurs en CO<sub>2</sub> effectués au détecteur Oldham ont montré que la concentration de ce gaz atteignait des valeurs généralement comprises dix à cent fois supérieures à celle de l'air

extérieur (Faverjon, 2008).

Le CO<sub>2</sub> peut avoir plusieurs origines : l'altération des roches carbonatées (CO<sub>2</sub> contenu dans l'encaissant calcaire),

les émanations telluriques profondes comme dans les grottes de Royat (Puy-de-Dôme),

la décomposition aérobie (oxydation) de la matière organique (sols) par des bactéries.

Une étude dans l'aven d'Orgnac (Bourges et al., 2001) a montré que l'essentiel du gaz carbonique des grottes ardéchoises avait une origine biogénique (respiration des plantes et décomposition de la matière organique). Le CO<sub>2</sub> que l'on trouve dans les cavités a d'abord été élaboré dans les sols avant d'être transporté ensuite dans les cavités souterraines. Les variations saisonnières des teneurs en CO<sub>2</sub> avec des minima en hiver et des maxima prononcés en été permettaient déjà de le subodorer.

Le CO<sub>2</sub> migre de la surface vers les profondeurs au travers du réseau de microfissures. Les eaux de percolation infiltrées dans les sols acheminent le gaz carbonique jusque dans les vides souterrains. Ce CO<sub>2</sub>, dissout dans les eaux d'infiltration, est ensuite libéré dans l'atmosphère des grottes.

Ainsi les cavernes peuvent-elles se remplir de CO<sub>2</sub> pendant la saison estivale, notamment au niveau du sol où le dégazage dans les gours est probablement responsable des fortes concentrations observées dans les parties profondes.

**5. Décantation ou diffusion du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) ?**

Un débat intéressant sur la sédimentation ou la décantation du gaz carbonique relaté dans le livre de Bernard Collignon (1988) mérite bien quelques lignes. Le propos vise à éclaircir la formation d'un gradient vertical des teneurs en gaz carbonique dans les grottes.

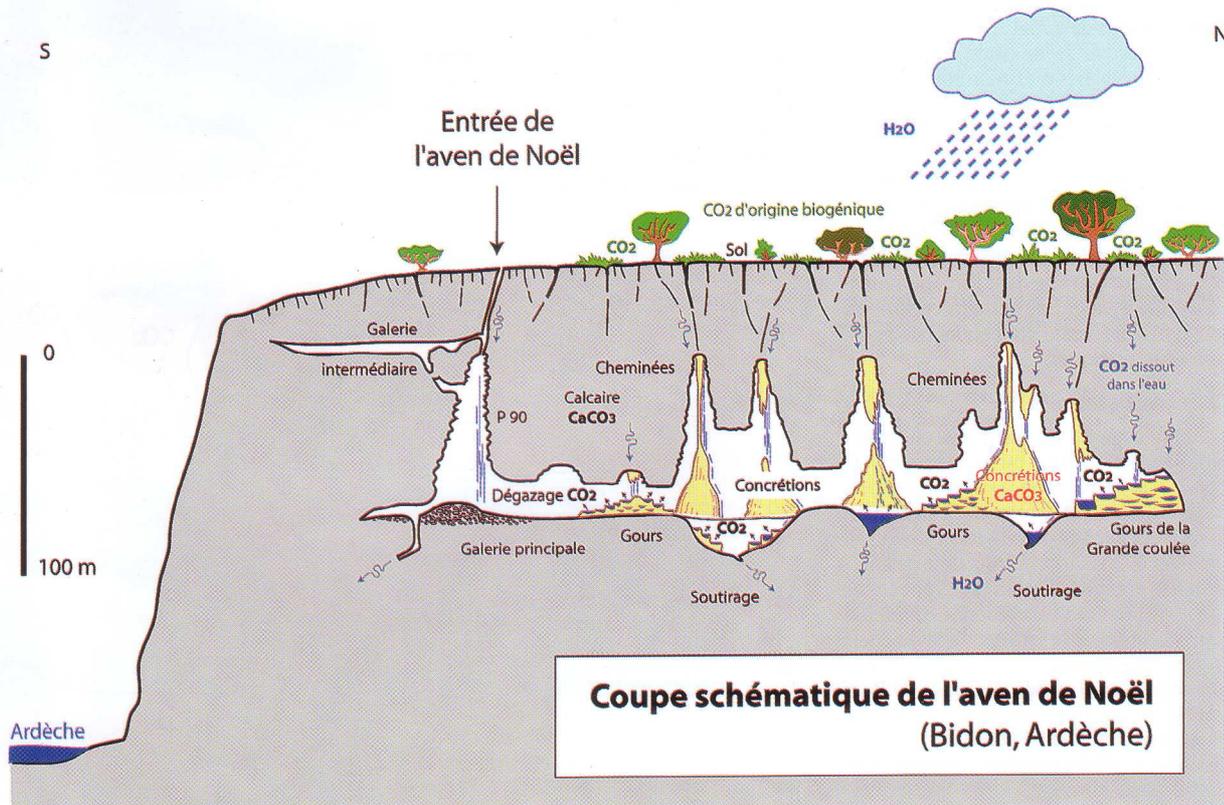
« De nombreux auteurs interprètent l'augmentation des teneurs en gaz carbonique avec la profondeur comme le résultat d'une « sédimentation », d'une « décantation » du gaz, sous l'effet de sa propre masse volumique (...).

Cette hypothèse est controversée. Michel Bakalowicz (1979) fait remarquer qu'elle n'a guère de sens physique. Les gaz ne « décantent » pas. Ils tendent toujours par convection et diffusion, à occuper tout l'espace qui leur est offert. Le gradient de concentration observé ne pourrait donc refléter que la répartition des zones à partir desquelles le CO<sub>2</sub> se répand dans les grands vides souterrains.

M. Bakalowicz suggère le mécanisme suivant (...) : le gaz est produit au niveau du sol, mais il ne « descend » pas, sous son propre poids, vers les grottes. Il y est entraîné par les eaux d'infiltration. Dans les cavités non noyées, les eaux circulent et séjournent surtout au plancher des salles et des galeries et c'est à ce niveau que se rencontrent les plus fortes concentrations. L'air, alourdi par ces fortes teneurs en gaz carbonique, tendra à rester en bas. En l'absence de courant d'air, le mélange par convection sera peu efficace et seuls les processus de diffusion (qui sont lents) tendront à homogénéiser petit à petit les teneurs en gaz carbonique dans toute la grotte » (Collignon, 1988, p. 189-190).

Le texte est suivi d'un croquis particulièrement judicieux où l'on remarque des flèches illustrant le transfert de CO<sub>2</sub> à partir des petits bassins ou de gours alimentés par des eaux qui circulent sur le sol d'une grotte...

Il ne manquait plus que les chemins de bulles attestés dans des gours pour donner du poids à cette hypothèse. 🐡



**Coupe schématique de l'aven de Noël (Bidon, Ardèche)**