

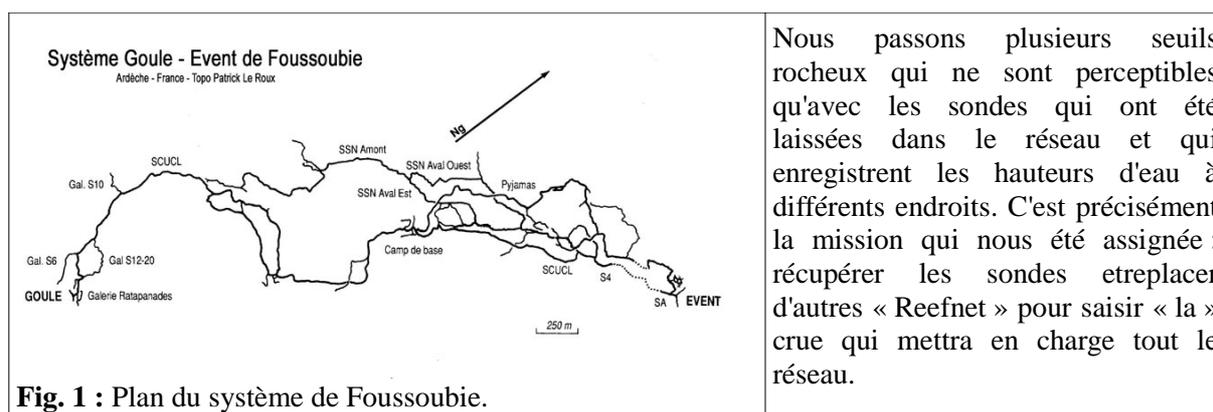
Compte rendu de la sortie du 12 juillet 2012 dans la goule de Foussoubie (entendre « de Virac ») (Vagnas, Ardèche)

(Stéphane Jaillet, Christophe Gauchon, Thomas Cornillon, Didier Cailhol, Amandine Laborde,
Jean-Yves Bigot, Judicaël Arnaud, Maxime Francas et Thomas Preiss)

I. Compte rendu de la visite

Nous entrons dans la goule par beau temps, ce qui est déjà très rassurant, mais très vite un problème survient avec les instruments qui détectent le taux de gaz carbonique. La plupart se mettent à sonner, et des problèmes respiratoires commencent à apparaître. C'est bizarre de rencontrer le gaz dans les premiers puits. Didier Cailhol tente alors de calculer le volume de CO₂ qui s'échappe de la goule à chaque seconde. Réponse : le volume est considérable ; difficile de quantifier avec des appareils qui ont pris l'humidité et donnent des valeurs fausses, voire mortelles. Après discussion, la majorité des participants décident de continuer, mais il faudra être très prudents et surtout prendre de soin de débrancher les appareils pour ne pas être inquiétés.

Les puits sont entrecoupés de vasques ou il faut parfois nager, notamment si on s'est fourvoyé dans les manipulations de mains courantes. Arrivés au « siphon zéro » (lac), c'est-à-dire au bas des puits, il faut s'équiper pour nager dans un lac long d'une centaine de mètres. Une fois de l'autre côté, on peut se changer et déambuler tranquillement dans une galerie horizontale creusée sur un joint légèrement incliné vers le nord. Stéphane Jaillet précise qu'il s'agit de la retombée anticlinale du Saleyron. A cet endroit le tracé de la galerie décrit un coude qui souligne ce phénomène géologique. Les galets transportés par la rivière sont essentiellement calcaires avec quelques rares morceaux gréseux. Les remplissages ont une grande importance dans l'évolution des galeries, car ils sont responsables des encoches latérales qu'on trouve parfois perchées lorsque tout a été déblayé et emporté par la rivière. Les concrétions ont du mal à vivre et sont la plupart du temps érodées.



La galerie dans laquelle nous circulons présente peu de carrefour, en gros c'est tout droit. Vers le camp de base on trouve quelques galeries latérales rapidement bouchées par les sédiments. Elles sont toutes obstruées et correspondent à de courtes dérivations de la galerie SCUCL. A voir cette galerie, on a du mal à lui donner un âge canonique : tout est hyperactif et les parties fossiles semblent absentes. Nous arrivons au camp de base. Il s'agit de la fin de la galerie monotone et du début d'autre chose. Les galeries semblent plus fossiles, mais ce n'est qu'une impression car l'eau a aussi monté dans la galerie du Camp comme l'indique les petites coquilles flottées d'escargots qui forment un liseré à la voûte. Cette galerie du Camp est suffisamment active pour mettre au jour les vieilles poubelles qui y ont enterrées : on est bien nulle part ici. Christophe Gauchon fait un tour en bas après le camp ; là où la galerie accuse une plus forte pente.

Mais Christophe revient au camp complètement essoufflé : il y a vraiment beaucoup de gaz carbonique en bas. Après un casse-croûte frugal pour ceux qui ont laissé leur sac de bouffe dans les arrêts précédents, nous repartons en direction de la sortie.

II. Notes sur le système de Foussoubie

N'étant pas un fin connaisseur du système de Foussoubie, mais ayant pu parcourir les galeries horizontales jusqu'au camp de base. Je me contenterai de déduire à partir d'observations furtives des idées développées ailleurs dans d'autres cavités.

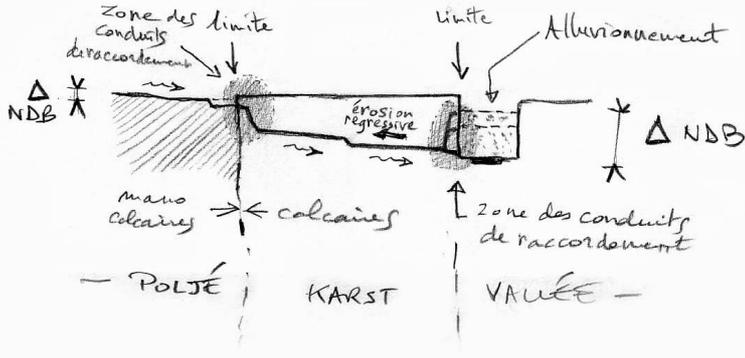
1. Similitudes et caractéristiques du réseau

L'examen de la géométrie du réseau souterrain de Foussoubie et ses interfaces amont et aval aux limites du karst attestent de l'existence :

- de conduits de raccordement aux limites amont et aval du karst et
- du niveau de base suspendu d'un poljé.

a) Conduits de raccordement aux limites amont et aval du karst

Les pertes des poljés, comme les émergences karstiques recouvertes par les alluvions, s'ouvrent toujours sur les côtés d'une dépression ou les flancs des vallées. L'épaisseur des sédiments relativement faible donne l'impression qu'un cours d'eau se « perd en terre » ou qu'une source sort des alluvions. En réalité, il n'en est rien ; tout le fonctionnement est entièrement karstique à peine masqué par un peu de sédiments. Ainsi, le ruisseau qui draine la dépression de Caille (Alpes-Maritimes) se perd en bordure de la dépression ou très près du flanc rocheux. De même, la source de la Sarvaz (Saillon, Valais, Suisse) semble émerger des alluvions du Rhône à quelques dizaines de mètres du versant de la vallée, alors qu'il s'agit d'une rivière souterraine dont le cours a été reconnu dans la grotte du Poteux. Les alluvions ne sont pas propices à des écoulements dont les débits sont contrastés comme les fortes mises en charge du karst, car des conduits creusés dans les roches meubles ont tendance à s'effondrer et à se reboucher.

	<p>En effet, il n'est pas concevable d'envisager des circulations à l'interface alluvions / calcaires (fig. 1) dans un modèle dit extra-karstique, c'est pourquoi il a fallu imaginer des conduits en roche (fig. 2) dits de raccordement (Bigot, 2002), qui correspondent à une adaptation du réseau karstique déjà en place aux changements des conditions aux limites.</p> <p>Fig. 1 : Modèle dit « extra-karstique » non conforme.</p>
<p>Le raccordement du réseau de drainage s'effectue à l'intérieur de la masse calcaire (modèle intra-karstique) et non à l'extérieur dans les roches meubles (alluvions), ou alors sur de très courtes distances.</p> <p>Fig. 2 : Modèle « intra-karstique » conforme.</p>	

Ces conduits de raccordement sont l'expression du déséquilibre et du perpétuel réajustement des conduits d'un réseau aux conditions limites externes au karst.

b) Niveaux de base suspendus des poljés

Dans le karst, les écoulements souterrains peuvent calibrer les conduits en fonction des débits dans un réseau de drainage hiérarchisé et atteindre un équilibre relatif alors que dans des roches meubles (alluvions) tout se rebouche et l'eau ne peut plus sortir, d'où des mises en charge importantes qui ne peuvent tendre vers un équilibre (cad calibrage des conduits). En effet, tous les systèmes karstiques tendent vers un équilibre qu'ils n'atteignent jamais. La réponse à cette tendance est la formation à l'intérieur des limites du karst de conduits de raccordement.

Avec le développement des conduits de raccordement en amont ou en aval, un calibrage des conduits s'opèrent en fonction des mises en charge dont l'importance tend alors à diminuer. Cette tendance à la diminution de l'ampleur des mises en charge est une adaptation du karst aux contraintes extérieures.

Ainsi on aura à l'émergence des conduits de raccordement entre le réseau drainant déjà en place et le nouveau point d'émergence calé sur un niveau de base élevé de la vallée.

Du côté de la perte, on aura des conduits de raccordement en rapport avec le niveau du poljé, qui varie moins que les niveaux des grandes vallées dépendant souvent des variations de l'océan mondial (**fig. 3**).

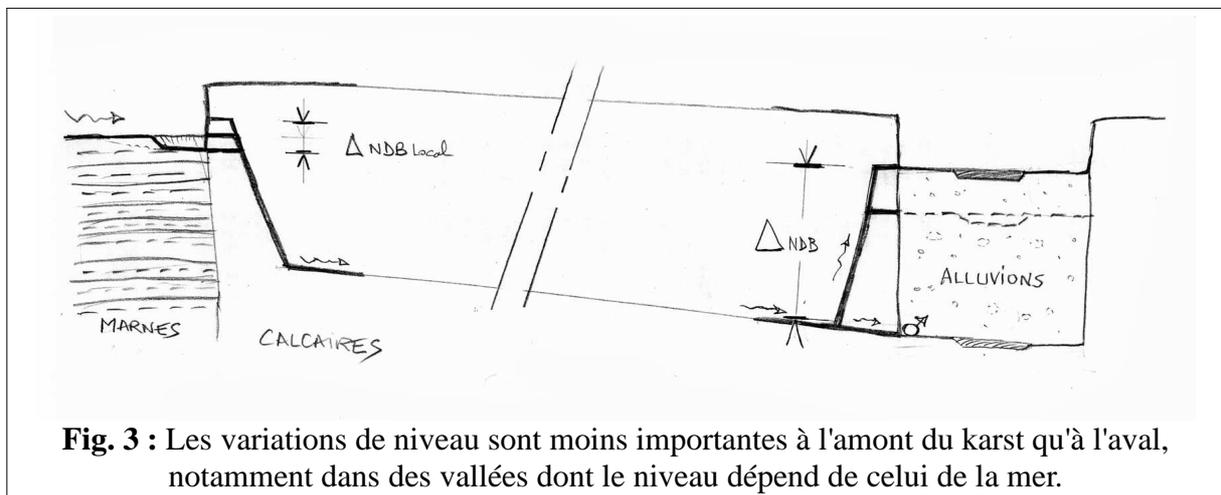


Fig. 3 : Les variations de niveau sont moins importantes à l'amont du karst qu'à l'aval, notamment dans des vallées dont le niveau dépend de celui de la mer.

En effet, le karst permet au poljé d'être suspendu au-dessus du niveau de la mer comme c'est le cas en Ex-Yougoslavie pour les poljés qui se déversent les uns dans les autres par crans successifs (**fig. 4**). Dans une autre roche meuble, l'érosion régressive aurait prolongé le profil de la rivière d'une manière continue de l'aval vers l'amont.

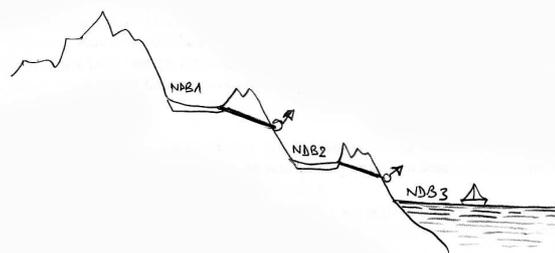


Fig. 4 : Les poljés suspendus, comme ceux des karsts dinariques, forment des niveaux de base locaux et un profil longitudinal en escalier.

Le profil longitudinal en escalier est directement lié au karst (conduits existants et inadapés) et à sa capacité de plafonner les débits des rivières souterraines. Les conduits karstiques se comportent comme des tuyaux au mauvais gabarit qui provoquent des engorgements de pertes, ce qui permet un étage des poljés par rapport au niveau de la vallée ou de la mer.

Ainsi, l'étagement des niveaux de base dans les poljés rendra plus difficile la corrélation entre un niveau de base suspendu de poljé et un niveau de base des vallées directement relié à la mer.

2. Le cas de la goule

Le système de Foussoubie se divise en au moins deux parties : l'aval et l'amont. Il est possible de lui donner un âge relatif : la partie aval est plus ancienne que la partie amont. A partir de ce constat logique et conforme à l'évolution d'un réseau hydrographique, il est possible d'envisager une extension du réseau souterrain par des captures successives des eaux de la combe de Virac. Dans un deuxième temps, le cas des puits de raccordement de la goule (de Virac) sera discuté à partir de la notion de chemin de drainage.

a) Creusements anciens (aval) et récents (amont)

Le système goule-évent de Foussoubie est un système binaire qui possède à la fois un bassin versant imperméable et un bassin perméable karstique (**fig. 5**).

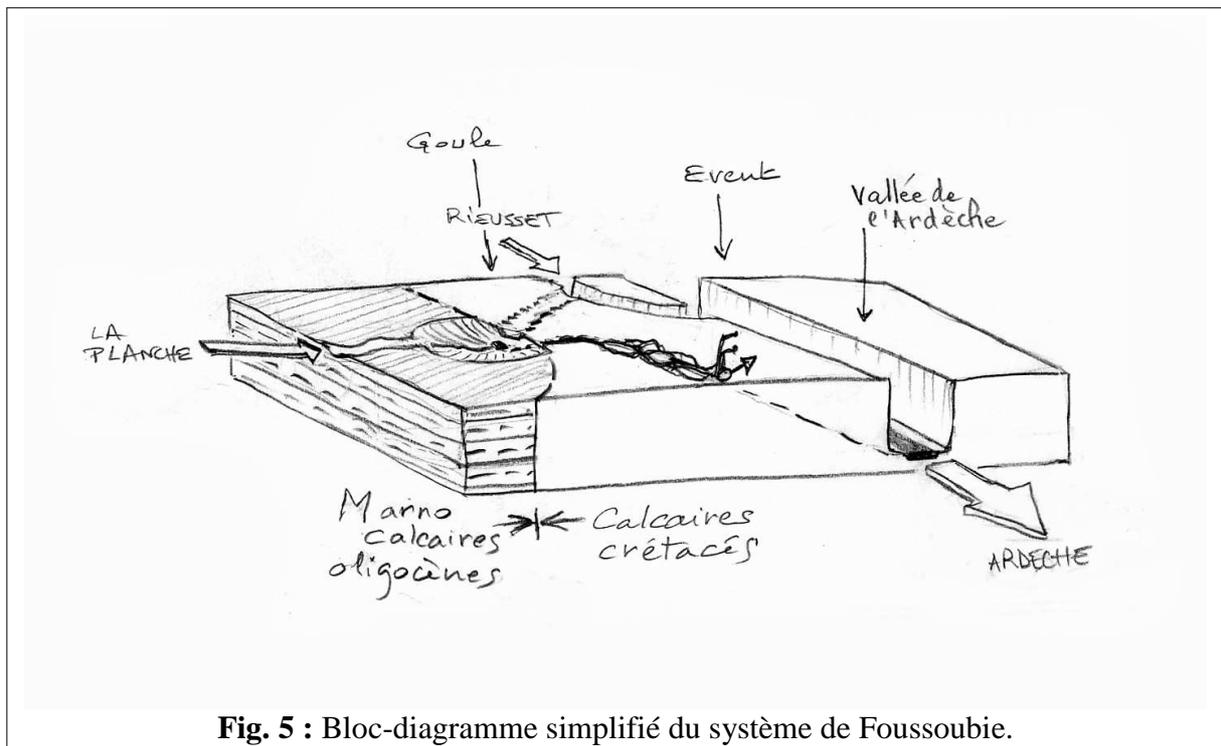


Fig. 5 : Bloc-diagramme simplifié du système de Foussoubie.

L'examen du plan du réseau permet de distinguer deux zones de densité des galeries. La partie aval du réseau présente en effet de nombreuses galeries, alors que la partie amont n'en comporte qu'une directement reliée à la perte. On en déduit un creusement en au moins deux phases : la première dans la partie proche de l'émergence et la seconde à l'amont qui relie la partie dense de la zone aval à la perte actuelle (goule). Dans la zone amont, on distingue une galerie horizontale creusée sur joint et des puits subverticaux qui se développent depuis la perte jusqu'à la galerie horizontale (siphon zéro).

Cette configuration verticale et horizontale de la zone amont correspond à deux logiques :

- liée à la zone aval, par la poursuite de l'extension horizontale du réseau souterrain à partir de l'émergence (creusement sur joint) et
- liée à la zone amont, par la capture verticale (conduits de raccordement des puits) qui connectent la perte à la galerie horizontale.

b) Le conduit de raccordement des puits

Le fait que le point d'engouffrement des eaux (goule) ne soit pas très éloigné de son cours superficiel (combe de Virac) montre que la fracturation (failles et discontinuités géologiques diverses) a une importance mineure par rapport à celle du « chemin de drainage ».

Dans le cas contraire, la perte aurait été plus éloignée du cours superficiel et aurait ainsi profité d'une « faille ouverte et perméable » à un endroit plus favorable, mais aussi plus éloigné situé sur la bordure du poljé.

Or, le point de perte se trouve exactement à l'intersection de la vallée sèche (combe de Virac) et de la limite géologique marno-calcaires oligocènes / calcaires crétacés. Ce qui montre la prédominance du chemin de drainage et de la géographie (limite des terrains karstifiables et non karstifiables) sur des facteurs à l'évidence mineurs, comme les discontinuités géologiques (fracturation) exploitées par la rivière souterraine. En effet, les incidences géologiques sont décelables à plus petite échelle à l'intérieur de la grotte comme les joints de strates sur lesquels s'est creusée la galerie SCUCL dont le tracé épouse la forme de la retombée anticlinale du Saleyron. Cette observation permet de relativiser l'importance des facteurs géologiques et de constater que l'influence de la fracturation est moins prépondérante que celle du « chemin de drainage hydrogéologique » (chemin entre perte et résurgence)

On en conclut que la mise en place des puits de la goule s'est faite en une fois et qu'il s'agit d'une combinaison de deux facteurs d'importance variable : le chemin de drainage d'abord, et les discontinuités géologiques ensuite. Le chemin de drainage s'est mis en place à la faveur de discontinuités géologiques (fractures, etc.) situées dans son emprise. Les discontinuités qui ne se trouvaient pas dans le champ du chemin de drainage n'ont pas été utilisées.

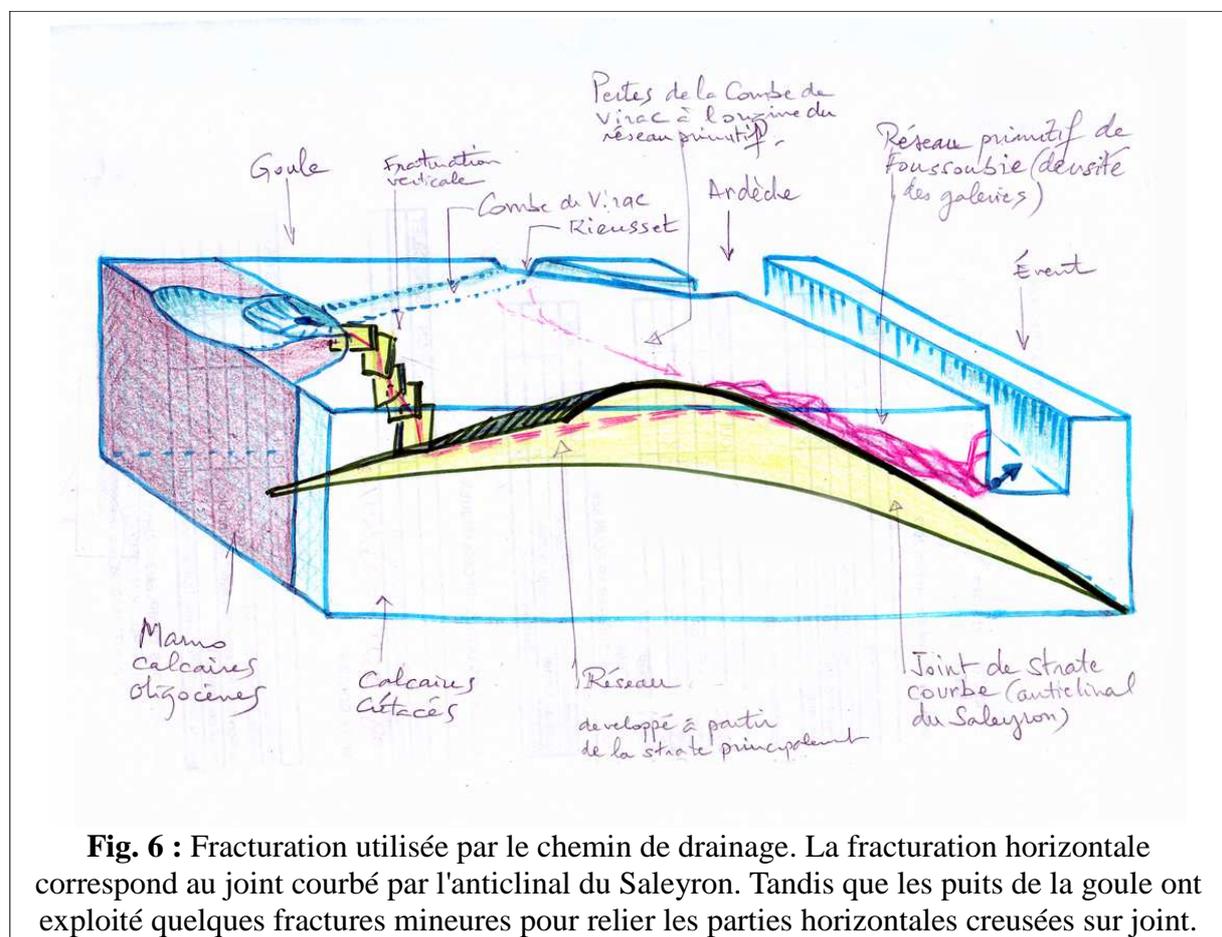


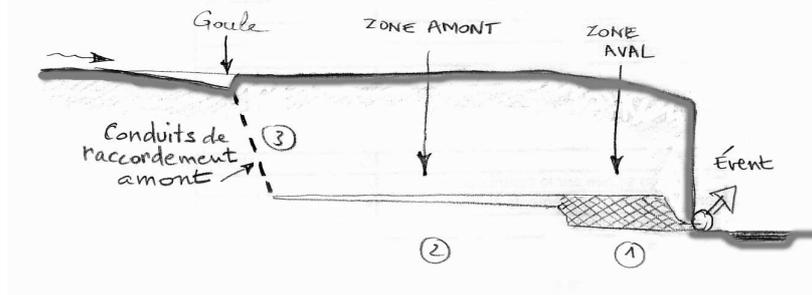
Fig. 6 : Fracturation utilisée par le chemin de drainage. La fracturation horizontale correspond au joint courbé par l'anticlinal du Saleyron. Tandis que les puits de la goule ont exploité quelques fractures mineures pour relier les parties horizontales creusées sur joint.

Pour comprendre la mise en place du conduit de raccordement amont, un croquis sur lequel ne figurent que les discontinuités géologiques utilisées, est proposé (fig. 6). Ce croquis permet de visualiser la portion de conduit qui s'est mise en place entre un réseau de conduits assez dense (partie aval), probablement plus ancien, situé près de l'émergence (évent) et la perte (goule).

Le prolongement de la karstification sur les joints de strates à partir du réseau aval n'est pas considéré comme étant le conduit de raccordement amont, il s'agit seulement d'une extension du drainage souterrain à partir des conduits existants dans la zone aval. La formation de ce réseau horizontal à partir de la zone aval est probablement antérieure à la formation des puits de la goule qui constitue le conduit de raccordement amont. Le développement des proto-conduits creusés sur joint s'est fait de

l'aval vers l'amont (**fig. 7**). Après, lorsque la distance entre la partie amont et la goule actuelle s'est réduite, le conduit de raccordement vertical s'est mis en place par capture.

Fig. 7 : Coupe simplifiée représentant les trois zones : 1 : partie aval ; 2 : partie amont ; 3 : conduits de raccordement des puits.



Ainsi, ce sont ces proto-conduits horizontaux, développés à partir de l'aval, qui ont permis la formation de la perte concentrée et du conduit de raccordement amont.