

# Etude de Cavité, Grotte de la Fenêtre 4

---

UF3 DU BREVET D'ETAT D'EDUCATEUR SPORTIF  
OPTION SPELEOLOGIE      SESSION 2013

Martin Couturieux  
LES COLOMBETS 38112 MEAUDRE



# SOMMAIRE

---

<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>4</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
<b>PARTIE 1 - GEOGRAPHIE GENERALE</b>	<b>6</b>
SITUATION GEOGRAPHIQUE	6
CLIMATOLOGIE :	8
BIODIVERSITE :	9
ACTIVITES HUMAINES :	9
<b>PARTIE 2 - CONTEXTE GEOLOGIQUE</b>	<b>11</b>
HISTOIRE GEOLOGIQUE DU MASSIF	11
CONTEXTE SEDIMENTAIRE	11
STRATIGRAPHIE	13
LITHOLOGIE ET COUPE GEOLOGIQUE	15
GEOMORPHOLOGIE	21
LE DISPOSITIF STRUCTURAL	21
GEOMORPHOLOGIE CLIMATIQUE	23
<b>PARTIE 3 - LA CAVITE</b>	<b>24</b>
HISTORIQUE DE LA CAVITE	24
DESCRIPTION DE LA CAVITE	25
ACCES	25
DESCRIPTION	26
TOPOGRAPHIE	29
PLANIMETRIE	30
OBSERVATIONS DES PHENOMENES GEOMORPHOLOGIQUES	31

LA "GALERIE FAVOT" (ZONE 1)	31
LA "GALERIE DES MARMITES" (ZONE 2)	37
LA "GALERIE DES OBSTINES" (ZONE 3)	39
<b>KARSTOGENESE : RECONSTITUTION MORPHOGENIQUE</b>	<b>47</b>
LA "GALERIE FAVOT" (ZONE 1)	47
LA "GALERIE DES MARMITES" (ZONE 2)	50
LA "GALERIE DES OBSTINES" (ZONE 3)	52
<b>CONCLUSION</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>56</b>
<b>TABLE DES FIGURES</b>	<b>58</b>
<b>TABLE DES PHOTOGRAPHIES</b>	<b>59</b>



# REMERCIEMENTS

---

A Florence, qui m'a soutenu tout au long de ce projet qui ne fait que commencer,

A Charles et Manon, mes enfants,

A tous les Spéléos qui m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire et en particulier:

- Yvan Binot pour m'avoir fait découvrir la spéléologie et m'avoir propulsé vers le brevet d'état,
- Thomas Braccini, pour tous les bons moments passés en préqualif ainsi que ses bons conseils
- Lionel Revil, pour ses conseils, et sa précieuse bibliothèque,
- Barnabé Fourgous, pour avoir mis à ma disposition de nombreux documents,
- Hervé Faure, pour la mise à disposition de son mémoire,
- Pelloche pour l'historique, Jean Louis Bret pour l'ancienne topographie,
- Manu Gondras, pour avoir été mon maître de stage,
- Laura pour son aide précieuse pour la topographie,
- Arthur pour son aide sur la géologie,
- Mon ami Antho, pour les photos ainsi que ses bons conseils,

Aux Amis rencontrés en formation, qui m'ont beaucoup apporté,

Et à tous mes amis et ma famille pour leur soutien et leur présence de tous les jours.

# Introduction

---

J'ai découvert la Spéléologie lors d'une année de formation multi activité au CREPS de Pontarlier en 2006, et pour moi ça a été un vrai coup de cœur. En 2011, je me suis lancé dans la formation du B.E.E.S. Spéléologie, réalisant un projet auquel je songeais depuis longtemps.

Durant l'été 2012, alors que je cherchais un lieu de stage et du travail, j'ai découvert le plateau du Vercors, haut lieu de la Spéléologie. J'ai donc installé ma petite famille au frais à Méaudre, (dit la petite Sibérie). Et j'ai commencé mon stage en alternance avec mon travail pour Spéleoconcept®.

C'est à l'occasion d'un repérage pour une sortie découverte que j'ai découvert la grotte de la Fenêtre 4. J'ai aimé cette cavité offrant de multiples possibilités de découverte, aux aspects géologiques intéressants. A l'époque, je réfléchissais déjà à une cavité qui deviendrait sujet de mon mémoire. Facile d'accès et située à proximité de mon domicile, Fenêtre 4 est une grotte d'initiation, au fort potentiel. Elle fait partie du réseau grotte Roche qui est actuellement sujet à de nombreuses réflexions (en particulier les relations entre les différentes cavités : Grotte Roche, Fenêtre 4, la résurgence de Goule Verte et la Grotte du Four situées sur la même fracture géologique).

Ce mémoire sur la Fenêtre 4 a donc comme objectif de réaliser une analyse approfondie de cette cavité afin de conforter les hypothèses sur sa formation et ainsi que celle du réseau auquel elle appartient. Après avoir restitué la cavité dans son environnement, je présenterai une topographie précise de Fenêtre 4 permettant une planimétrie par rapport à la Grotte Roche. Afin d'explorer les hypothèses de creusement de Fenêtre 4, je développerai les observations géologiques faites aux passages importants que sont la galerie principale d'entrée et la galerie des marmites. Enfin l'étude des sables obstruant les étroitures menée comparativement à ceux retrouvés dans la galerie inférieure de Fenêtre 4 permettra de mieux comprendre la formation de cette grotte.

# Partie 1 - Géographie générale

## Situation Géographique

La grotte de la Fenêtre 4 est située dans les gorges de la Bourne, drain principal du Vercors. Ce massif préalpin de moyenne montagne est situé dans la région de l'Isère, entre Grenoble (40 km) et Valence (70 km). 63 km de long pour 40 km de large, entouré de falaises dont les plus importantes se trouvent à l'est et avec une altitude moyenne de 1200m d'altitude, c'est tout naturellement qu'on le nomme la petite forteresse.

Le massif est marqué par un long pli nord-sud qui va du col de Romeyère à celui du Rousset, pli interrompu en son milieu par de profondes coupures taillées à pic : les gorges de la Bourne et celles de la Vernaison, connues sous le nom de Grands Goulets, et autrefois réputées infranchissables.



1 - Carte de France - Google Map

● Grotte de la Fenêtre

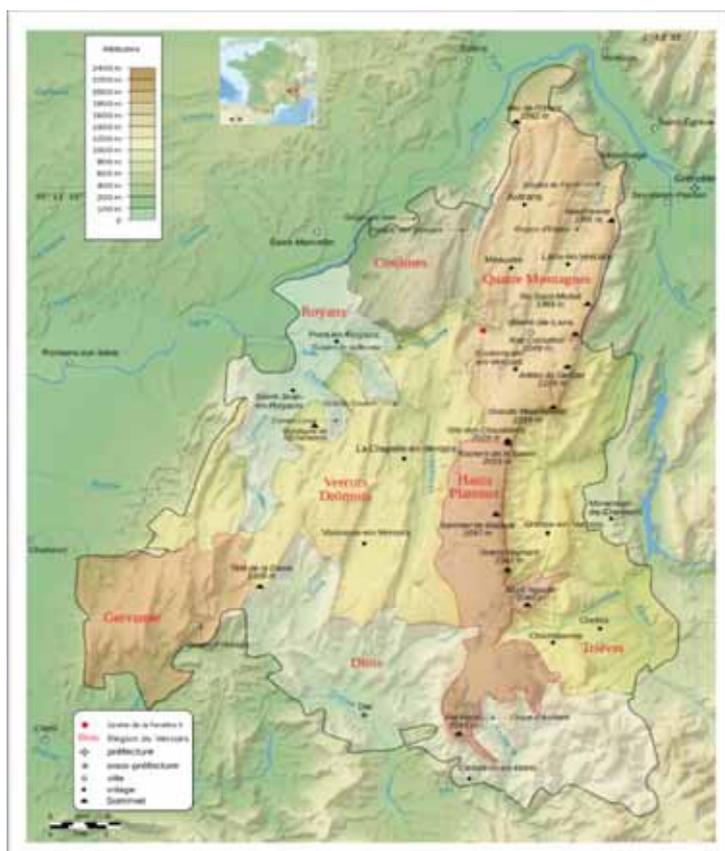


2 - Carte région - Google Map



3 - Cartes communes – Géoportail

De part ce relief particulier, le Vercors est séparé en différentes régions:



4 - Zonage du Vercors - Wikipédia

- Des régions habitées ; Les quatre montagnes, dit "Vercors Nord" au climat humide et rigoureux, le Vercors drômois dit "Vercors Sud" au climat plus sec mais tout aussi rigoureux.

- Des régions plus sauvages ; les Cœlmes, les Haut Plateaux (réserve naturelle)

Le Vercors englobe également d'autres zones géographiques comme le Trièves, le Diois, le Royans et la Gervanne.

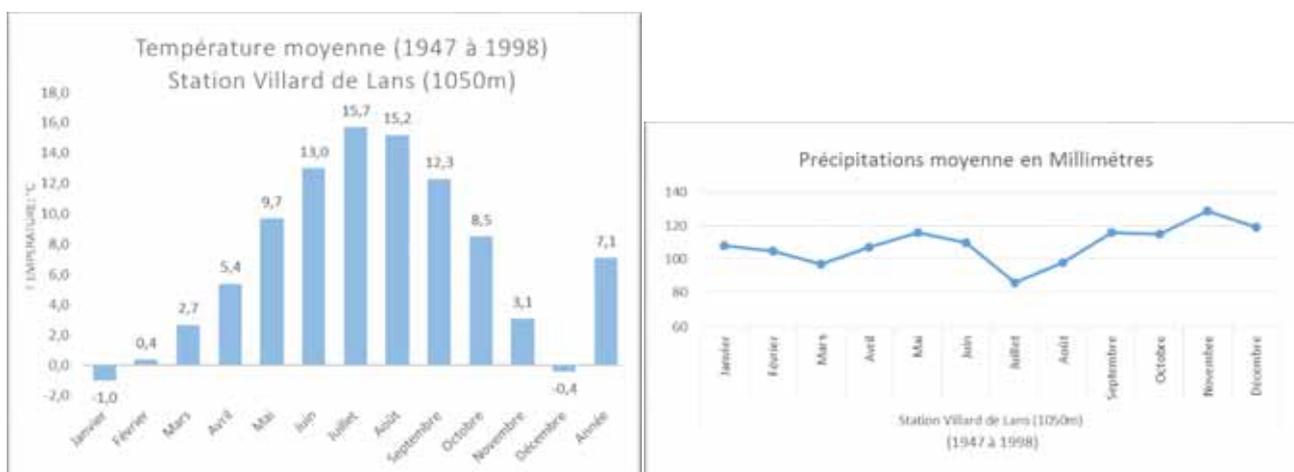
## Climatologie :

---

Situé à la transition entre Alpes du Nord et Alpes du Sud, le Vercors est soumis à la triple influence climatique de l'altitude, des précipitations océaniques et des régimes méditerranéens.

Si l'un des traits dominants du climat qui le caractérise est l'influence montagnarde, sa position géographique l'amène à recevoir les influences fortes de type océanique à l'ouest et méditerranéenne au sud. La température moyenne annuelle à 1000 mètres est de 7,1°C et à 1800 mètres de 2,2°C. Les précipitations sont abondantes : 1305 mm par an à 1000 mètres et plus de 2000 mm par an à 1800 mètres d'altitude. Le manteau neigeux est relativement épais puisqu'il peut atteindre 4,5 mètres à 1800 mètres. A cette altitude, le couvert neigeux est durable puisqu'il est en moyenne de 190 jours. La fonte s'effectue entre fin mars et juillet selon les versants et l'altitude.

Le climat estival est plutôt agréable mais les nuits restent souvent fraîches.



5 - Températures et précipitations moyennes à Villard de Lans

## Biodiversité :

---

Les différences de climat entre le Nord le Sud, ainsi que les différences d'altitudes propres au massif sont autant d'atouts pour sa biodiversité. La variété de la faune et de la flore participe au patrimoine naturel du Vercors.

Du Nord au Sud, on y retrouve des forêts de sapins, suivies de magnifiques hêtraies sapinières dans le Vercors drômois. Alors qu'en montant vers les Hauts Plateaux, on rencontre les pinèdes de pins à crochets avant d'arriver aux pelouses de l'étage alpin. Les milieux Rocheux sont eux aussi omniprésents sur le Vercors (falaises, lapiaz, éboulis, grottes avec d'importants réseaux karstiques).

Cette diversité de paysages est propice au développement de la faune (738 espèces); rapaces, tétras lyre, ongulés sauvages et domestiques, on note également la présence du loup signe d'une faune riche. Le Parc Naturel du Vercors (PNR) a également permis la réintroduction de certaines espèces ces dernières années comme le bouquetin des Alpes, le vautour fauve, le gypaète barbu ou la marmotte.

L'évolution des conditions climatiques engendre cependant des hivers plus rudes et plus longs, changements qui peuvent mettre en péril les espèces les plus fragiles (tétras Lyre).

## Activités humaines :

---

L'activité économique et démographique du Vercors évolue à deux vitesses. D'une part le Vercors Nord, rattaché à Grenoble accueille de nombreuses personnes travaillant dans la vallée et vivant sur le "plateau". Cette population permet le développement économique des Quatre Montagnes. Le Vercors Sud accueille une population moins nombreuse et plus vieillissante car plus éloignée de la grande agglomération.

Historiquement les activités principales du Vercors étaient l'agropastoralisme et la sylviculture. La sylviculture a en partie participé aux ouvertures des routes au XIXème siècle

(Sassenage 1827, les Grands goulets en 1854 et les Gorges de la Bourne en 1872, dites "routes du vertige").

La création des "routes du vertige" qui avait pour but principal la circulation du bois, a permis le développement du tourisme automobile.

Aujourd'hui, avec le PNR et les stations de ski, le tourisme est l'un des principaux facteurs de développement économique du Vercors.

### **L'emploi:**

Au cours de ces 25 dernières années, on remarque une hausse de 32% des emplois de services à la personne passe pour une baisse de 28% des emplois agricoles.

Les secteurs de la santé, de l'administration publique, de l'enseignement et de l'hébergement médico-social sont les plus gros employeurs du Vercors. Ils occupent un tiers des emplois. L'économie sociale y est aussi très implantée et représente 22 % de l'emploi, notamment dans l'hébergement médico-social.

Le Vercors est un territoire rural avec une population isolée et âgée. Cette caractéristique génère des besoins dans les services à la personne comme par exemple l'aide à domicile. En outre, dans le sillage des sanatoriums de montagne, le Vercors reste spécialisé dans les établissements de convalescence, l'accueil des personnes handicapées et des enfants en difficulté sociale.

### **Tourisme, agriculture et industrie agroalimentaire constituent "l'image du parc"**

Le tourisme est l'un des principaux facteurs de développement économique du Vercors. Avec ses stations de ski, la zone "4 Montagnes" est le principal acteur du secteur, été comme hiver.

Dans le reste du Vercors, l'emploi direct dans le tourisme reste relativement faible. En revanche, il joue un rôle important pour le maintien du commerce local, pour renforcer l'image du parc et mieux faire connaître les produits du terroir issus de l'agriculture locale.

L'agriculture du Vercors se singularise par des labels comme l'AOC Bleu du Vercors-Sassenage. Dans les 4 Montagnes et le Vercors-Drômois l'élevage bovin pour le lait est prédominant, la Clairette de Die dans le Diois-Gervanne ou l'AOC Noix de Grenoble et l'IGP<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Indication Géographique Protégée

l'IGP<sup>1</sup> Saint-Marcellin dans le Royans-Isère. Ces produits du terroir sont essentiels à l'image du parc et permettent, par le pastoralisme, l'entretien des paysages. L'agriculture favorise aussi l'implantation de filières de transformation agroalimentaire comme la Coopérative Vercors Lait® à Villard de Lans. Cependant l'agriculture ne représente que 9 % des emplois.

Le secteur industriel reste peu implanté dans le Vercors. Très concentrée géographiquement, l'industrie en particulier agroalimentaire est surtout présente dans le Royans-Isère.

La filière bois, emblématique pour le PNR, reste relativement marginale.

---

<sup>1</sup> Indication Géographique Protégée

## Partie 2 - Contexte géologique

---

### Histoire géologique du massif

---

La géologie du massif du Vercors est marquée par la sédimentation de calcaires et de roches détritiques au cours du Jurassique moyen, au fond de l'Océan Téthys. Au Crétacé, se développent des massifs coralliens et une faune de rudistes en raison d'une hausse des températures et de présence d'eaux peu profondes. L'océan Téthys se ferme au Paléogène. Au début du Miocène, le massif alpin se forme et le plissement du Vercors se manifeste par la formation d'une succession de synclinaux et anticlinaux. A la fin du Miocène, une sédimentation secondaire liée à l'érosion du relief dépose des molasses dans des cuvettes.

#### Contexte sédimentaire

Le massif du Vercors est donc exclusivement composé de terrains sédimentaires secondaires et tertiaires. On distingue communément deux "séquences" sédimentaires marines:

- La "séquence secondaire" (Jurassique et Crétacé) qui se caractérise par une alternance de terrains carbonatés et marneux.
- La "séquence miocène" (au tertiaire) où dominent les formations détritiques (marnes et mollasses).

### *Séquence sédimentaire secondaire*

Durant le Jurassique supérieur et une grande partie du Crétacé, le Vercors appartient à la plate-forme carbonatée jurassienne et subalpine. La séquence stratigraphique du massif ainsi que la répartition spatiale des couches sédimentaires correspondent aux variations du niveau moyen de la mer durant cette période.

On relève trois phases de sédimentation carbonatée, chacune de ces phases croit vers le Sud.

- Au Jurassique supérieur, la sédimentation calcaire (Tithonique) se limite au Vercors Nord,
- Au Valanginien, elle concerne la bordure nord occidentale (Royans, Coulmes),
- Du Barrémien à l'Aptien inférieur, elle affecte tout le Vercors.

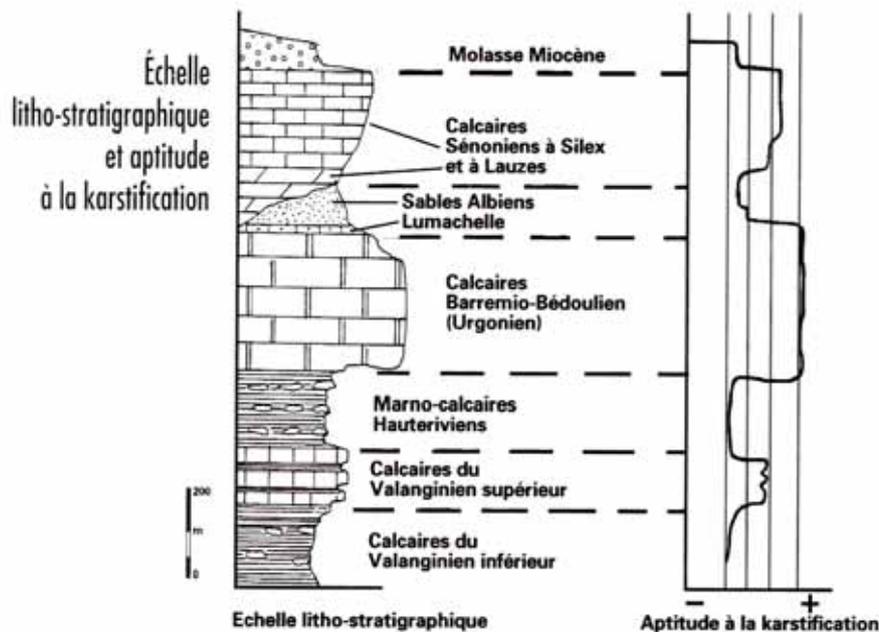
Après une courte lacune stratigraphique (correspondant au recul de la mer à l'Aptien supérieur), le Vercors connaît une nouvelle phase de sédimentation carbonatée (Albien et Crétacé supérieur).

### *Séquence Miocène (du tertiaire)*

Après une longue phase d'émersion (Crétacé terminal Aquitanien), le Vercors connaît un nouvel épisode marin. Les sédiments miocènes, aujourd'hui essentiellement présents dans les dépressions synclinales du Vercors, se caractérisent par des faciès détritiques où dominent les formations sablo-gréseuses et conglomératiques composées de matériel autochtone carbonaté mais également allogène (exemple val d'Autrans Méaudre). Ces faciès détritiques proviennent essentiellement de l'érosion de la chaîne hercynienne.

## Stratigraphie

Du point de vue stratigraphique, on distingue dans le Vercors quatre grands ensembles calcaires (du plus profond au plus superficiel):



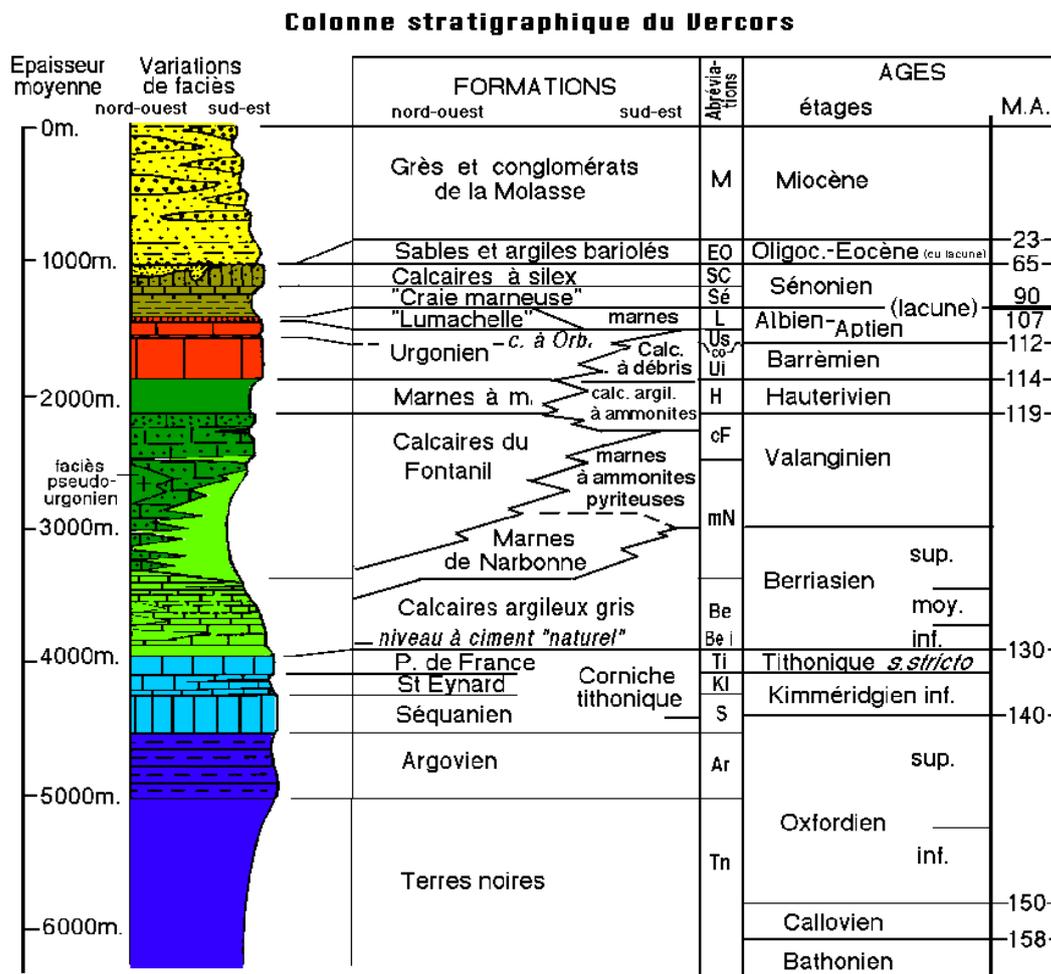
6- Echelle stratigraphique simplifiée - spéléo dans le Vercors T. Krattinger, D Haffner, S Caillault

- Les calcaires du Jurassique supérieur (à faciès « Tithonique »). Ils correspondent à des calcaires résistants de 150 à 300 m d'épaisseur. Ils sont visibles sur les flancs Est et Nord du Vercors, falaises surplombant respectivement la vallée du Drac et la cluse de l'Isère.
- Les calcaires bioclastiques du Valanginien supérieur qui affleurent sur le pourtour du massif ainsi que dans le fond des profondes vallées de la Bourne (village de Choranche), et de la Vernaison (l'entre-goulet).
- Les calcaires du Barrémien et du Bédoulien. Deux faciès caractérisent ces étages: les calcaires à faciès Urgonien et les calcaires bioclastiques :
  - Les calcaires à faciès Urgonien se disposent en bancs épais et compacts sur 200 à 300 mètres d'épaisseur. Ils constituent l'essentiel des affleurements

karstifiables du Vercors septentrional et reposent sur les marno-calcaires hauteriviens.

- les calcaires bioclastiques pouvant atteindre 700 m d'épaisseur. Malheureusement l'extrême fracturation et le litage de ces assises favorisent plus la dispersion des infiltrations que la genèse de formes karstiques pénétrables.

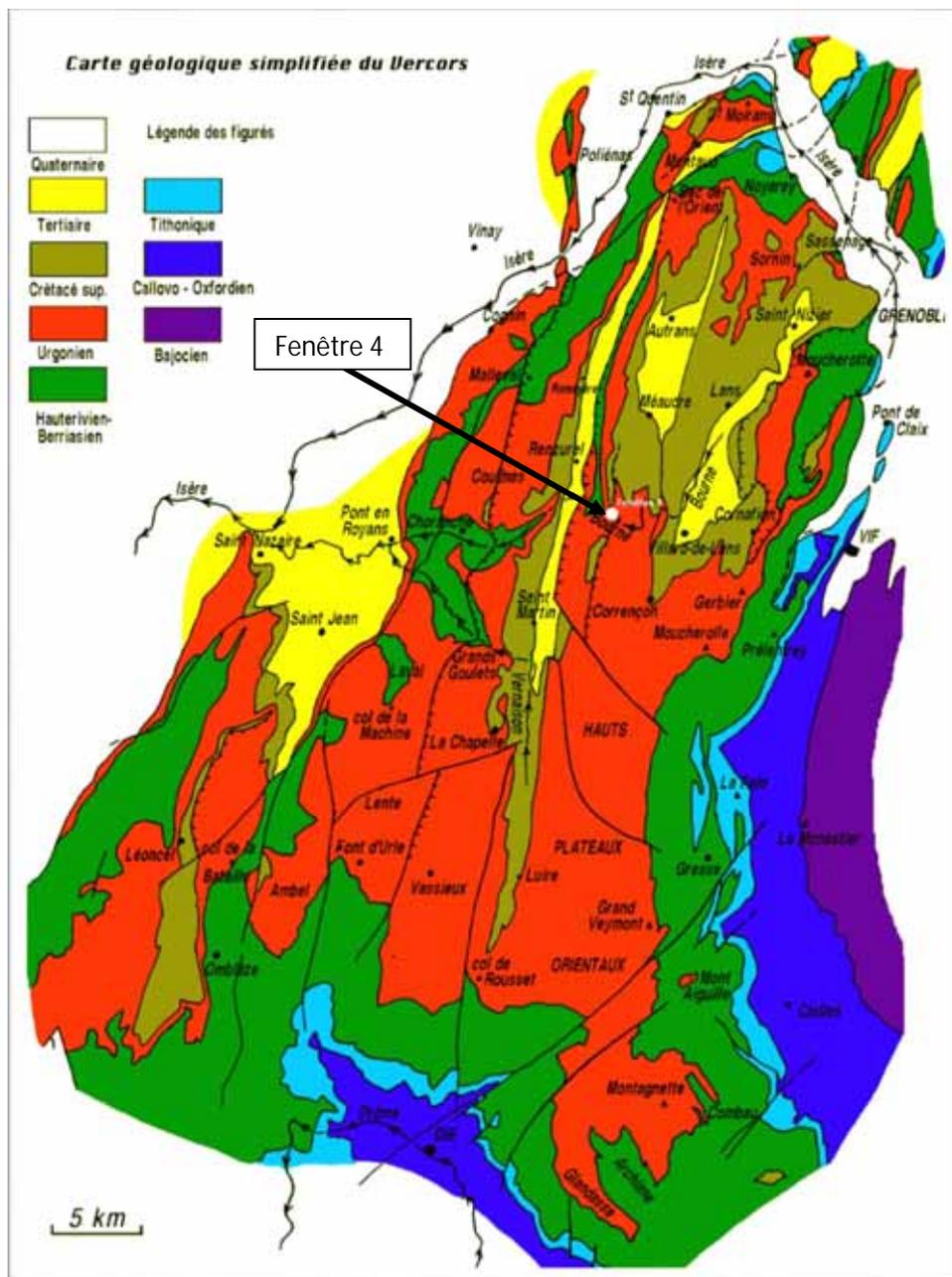
• Les calcaires du Crétacé supérieur qui se caractérisent par des calcaires gréseux lités (calcaires à lauzes) surmontés par des calcaires à silex. Bien que les formes karstiques de surface soient rares, les formes endokarstiques sont bien développées (Trou qui Souffle, Cuves de Sassenage...).



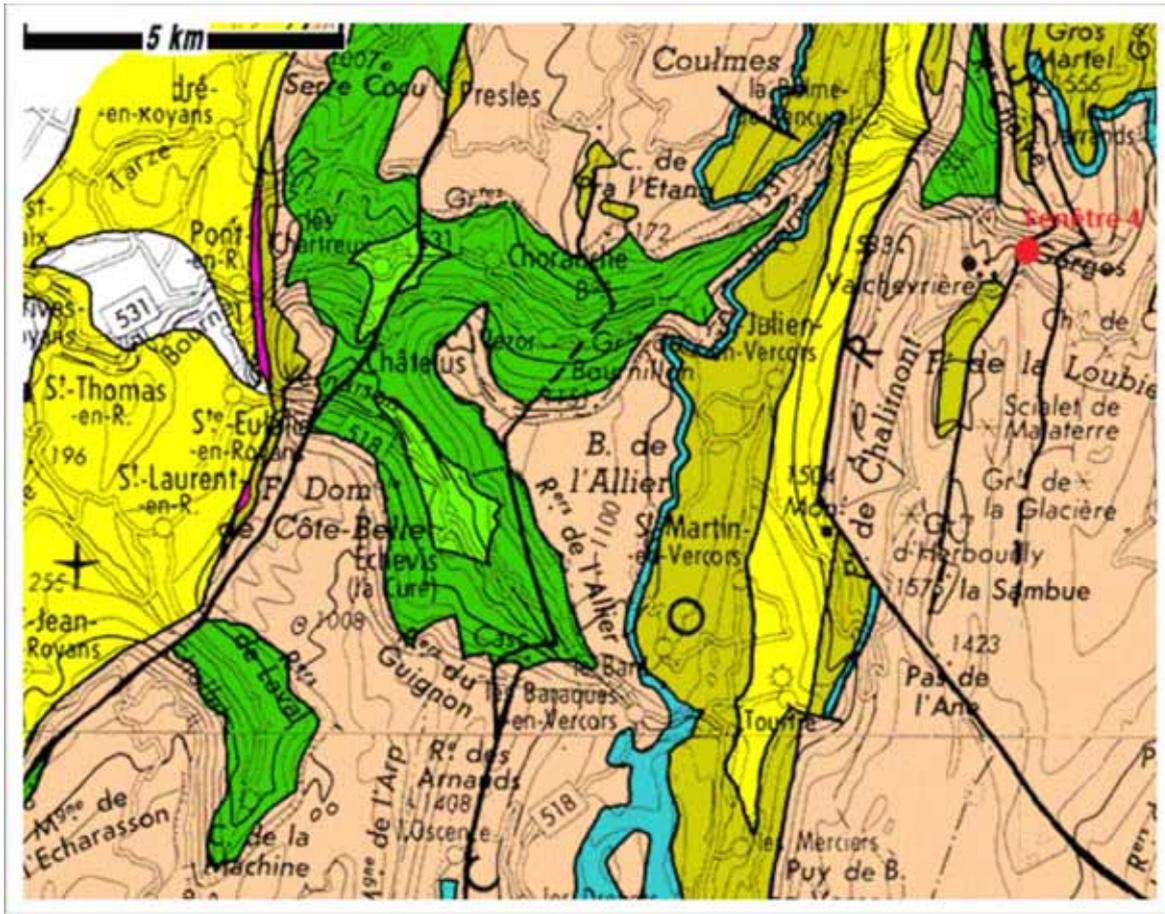
NB : dans le Vercors sud-oriental les couches du Berriasien-Valanginien voient leur épaisseur se réduire à quelques centaines de mètres seulement.

# Lithologie et coupe Géologique

## Carte géologique simplifiée

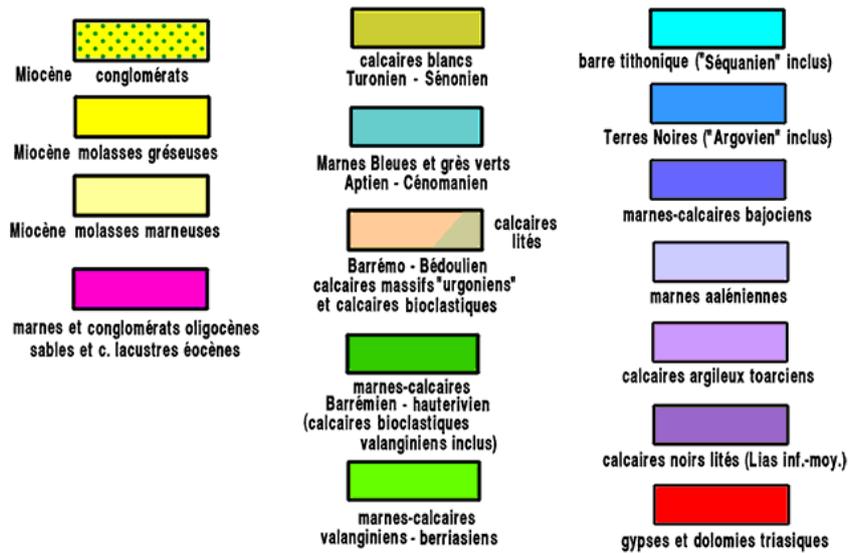


8 - Carte Géologique simplifiée du Vercors - Géol-alp.com



9 - Carte géologique Simplifiée Bourne amont - Géol-alp.com

### Légende des cartes géologiques simplifiées du VERCORS



## *Familles de roches*

On relève trois grandes familles de roches dans le massif du Vercors: les terrains marneux, les assises calcaires et les dépôts molassiques:

### - **Les Marnes**

Ce sont des roches peu résistantes à l'érosion et des assises peu perméables. La faible résistance des marnes engendre un paysage peu vigoureux aux versants réguliers. Son caractère peu perméable façonne le paysage par l'agencement d'un réseau hydrographique de surface. Lorsque ces assises se trouvent en dessous d'un niveau calcaire, elles jouent le rôle de niveau de base lithologique vis-à-vis des circulations Karstiques. C'est l'exemple des résurgences du cirque de Prèles (la rivière de Gournier, de Couffin et Chevaline).

### - **Les Calcaires**

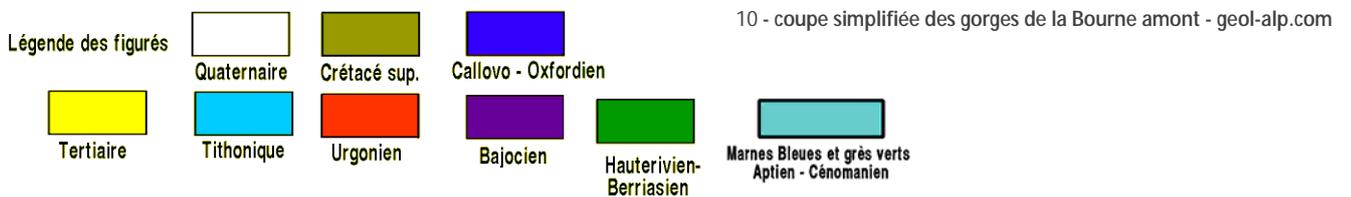
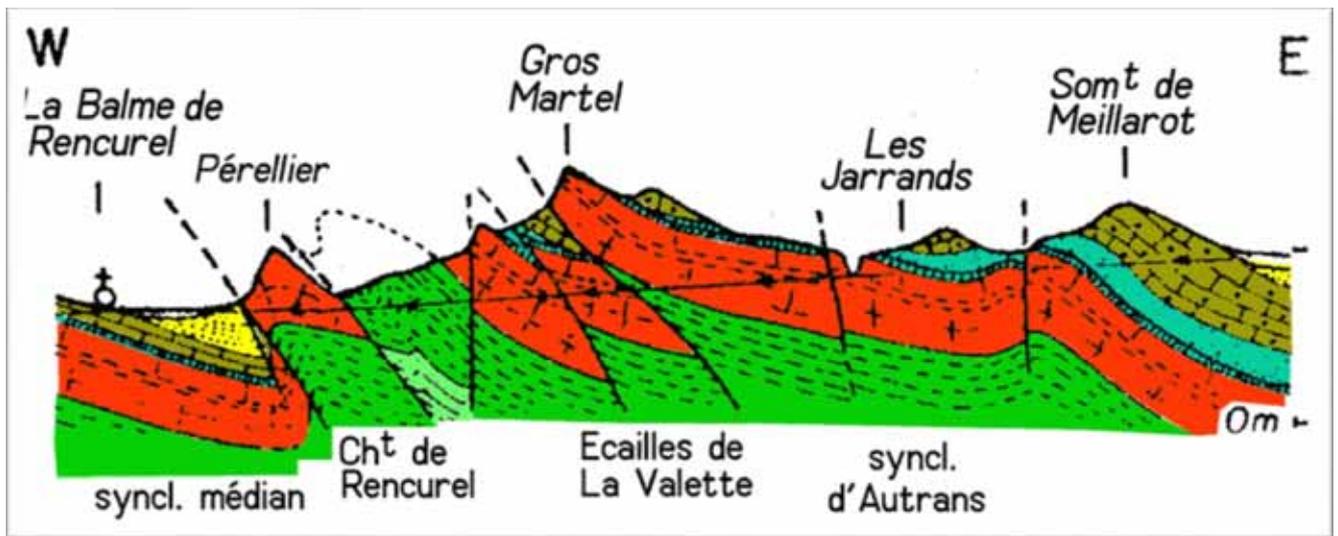
Ces roches ont un comportement très différent des marnes. Elles sont particulièrement résistantes à l'érosion mécanique et présentent une certaine perméabilité. La résistance des calcaires marque le paysage par de puissantes corniches et falaises ceinturant le Vercors et l'entrecoupant de profondes gorges (La Vernaison dit "les grands goulets" ou la Bourne en sont de bons exemples).

Leur perméabilité relative est due aux propriétés fondamentales de la roche:

- Les calcaires sont sensibles à l'érosion chimique provoquée par l'eau chargée en gaz carbonique résultant essentiellement du passage de l'eau dans la couverture forestière. Cette érosion qui passe par une dissolution du calcaire dans l'eau, est un des moteurs de la formation des cavités.
- Bien que la roche calcaire soit imperméable, le massif calcaire est quant à lui perméable. La déformation des strates lors des phases tectoniques entraîne la fracturation et la fissuration de la roche. Cette fracturation forme ainsi des passages pour l'eau favorisant le mécanisme d'érosion par dissolution (mais aussi par le gel/dégel) permettant ainsi la formation des réseaux karstiques.

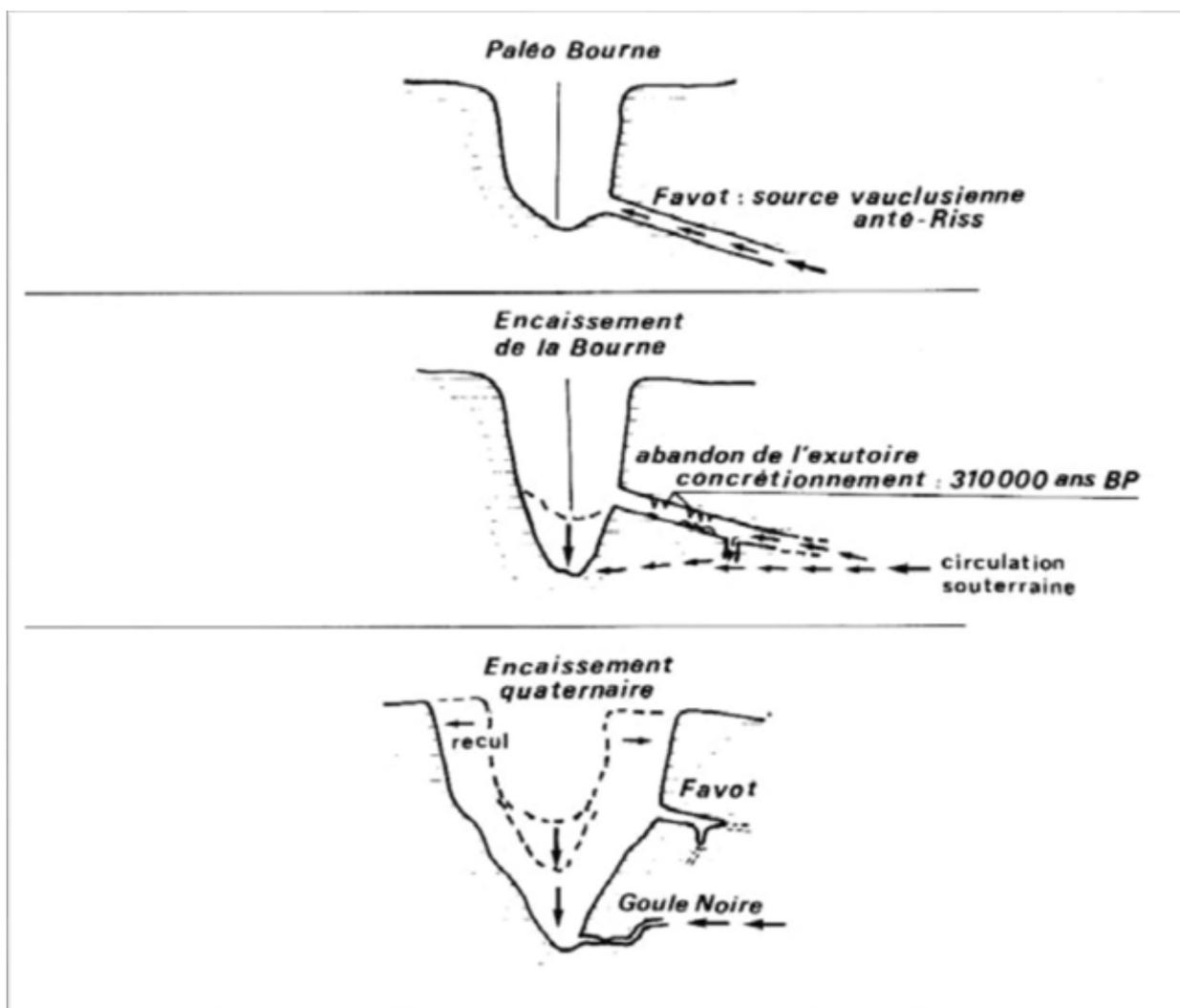
- **Les molasses** constituent la troisième grande famille de roches présentes sur le Vercors et se caractérisent par un comportement peu perméable.

*Les gorges de la Bourne*



D'après l'étude de la carte géologique ainsi que par la nombreuse quantité de rudistes présents dans la cavité, on peut situer Fenêtre 4 dans les couches de calcaires lités barémobédouléen, et plus probablement dans la masse inférieure du barrémien (n4U).

Le Vercors est une succession de synclinaux et d'anticlinaux orientés Nord-Sud. Ces plis sont recoupés dans leur partie Nord par un synclinal transverse: les gorges de la Bourne, initialement gouttière de la Bourne.



11 – Enfoncement des gorges de la Bourne – JJ. Delannoy

La Gouttière de la Bourne s'est abaissée durant le Quaternaire.

Les fontes glaciaires ont entraîné un enfoncement de près de 200 mètres de cette gouttière et l'ont transformé progressivement en gorge. Ce phénomène est révélé par la présence en rive droite d'une ancienne résurgence : la grotte Favot drainant autrefois les eaux souterraines du Val d'Autrans Méaudre. Aujourd'hui, ces eaux resurgissent 200 mètres en contre bas dans un nouvel exutoire : l'exsurgence de Goule Noire. Cette dernière est calée sur le niveau de base imperméable : l'étage Hauterivien composé de marnes.

De nos jours, la Bourne est le drain majeur du Vercors, elle collecte les ruisseaux:

- De Bouilly et de Corrençon dans le synclinal du Val de Lans
- Du synclinal d'Autrans Méaudre (le Méaudrais)
- Du synclinal de Rencurel (la Doulouche)
- De la Vernaison et de la Lyonne (après les gorges)

Du fait de son encaissement à travers les structures anticlinales, la Bourne récolte une grande partie des eaux souterraines du Vercors:

- Le Trou qui Souffle via l'exsurgence de Goule Noire
- Le Clot d'Aspres via l'exsurgence de Goule Blanche et Goule Bleu
- Une part des eaux souterraines d'Herbouilly via l'exsurgence de Goule Verte
- Une part des eaux souterraines des Hauts Plateaux et de la Vernaison via la résurgence de Bournillon et Arbois.
- Les eaux souterraines des Coulmes via les exsurgences du cirque de Presle (Coufins, Chevalinne et Gournier).

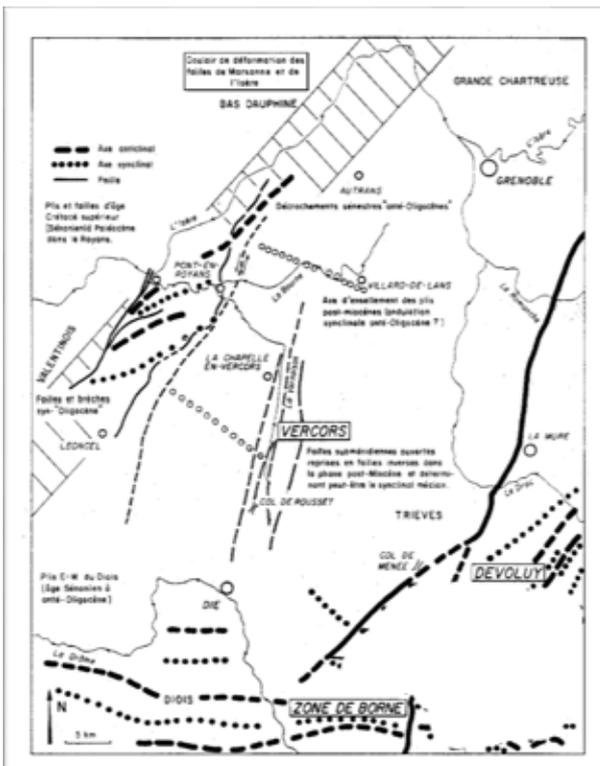
# Géomorphologie

## Le dispositif structural

Le massif du Vercors a connu deux phases tectoniques marquantes:

- la première, contemporaine des mouvements pyrénéo-provençaux (Crétacé Terminal),
- la seconde, la plus importante dans le dispositif structural du Vercors, débute dès le Serravallien et s'est prolongé jusqu'à la charnière mio-pliocène. Il s'agit de la phase de compression responsable de la surrection des Alpes externes.

### *La première phase tectonique*



12 - Schéma structural des principaux plis et failles Anté-Miocène du Vercors - H. Arnaud 1981 – geol-alp.com

La première phase tectonique est responsable de l'arrêt de la sédimentation crétacée.

La déformation est marquée par quelques plis N-E/S-W dans la région de Saint-Nazaire en Royans, des fractures subméridiennes, une large gouttière synclinale le long de la Bourne et le synclinal de la Drôme.



## Géomorphologie Climatique

Le Vercors a été occupé pendant les phases froides du Quaternaire (-2 millions d'années à -10 000 ans) par des calottes glaciaires locales relativement importantes mais peu épaisses.

La succession de ces périodes froides a fortement modelé le paysage de surface par différents mécanismes:

- une érosion glaciaire ayant raboté les parties les plus élevées du massif,
- une érosion périglaciaire ayant généré de grands éboulis sous les falaises,
- une érosion karstique facilitée par la double condition de températures et de masse d'eau importante stockée et libérée aux déglaciations. Celle-ci a dissout et sculpté les calcaires,
- et enfin une érosion torrentielle ayant creusé les gorges (Bourne, Vernaison...) et les reculées (Combe Laval, Bournillon...).

L'intense dissolution superficielle sur les roches dénudées, puis sous prairies et forêts avec couverture pédologique a d'abord sculpté les grands champs de lapiez, façonné les puits, les niches ou "balmes". Ces phénomènes ont multiplié les diaclases, les fractures, la friabilité des joints de stratification, ce qui a contribué à faciliter la dissolution et la circulation profonde des eaux.

La déglaciation est ancienne ce qui explique la rareté des formes glaciaires de détail (roches moutonnées, stries, cannelures...) et l'importance des phénomènes de dissolution.

## Partie 3 - La Cavité

---

### Historique de la cavité

---

La Fenêtre 4 tient son nom des ouvriers qui travaillaient au creusement de la galerie de dérivation de la Goule Blanche en 1932. Il s'agit du quatrième vide karstique trouvé lors de la construction du canal.

L'entrée a été découverte plus tard, par André Bourgin du spéléo club de Paris le 18 août 1938. Il a exploré la grotte depuis la conduite et est ressorti à l'air libre sur une petite vire. L'entrée n'avait pas été repérée de l'extérieure.

En 1956 Roger Penelon publie dans "les rapports d'exploration des années 1950" que cette cavité pourrait correspondre aux sources du Jourdan du fait de leur situation identique ; mais il sera difficile de le confirmer celles-ci étant impénétrables.

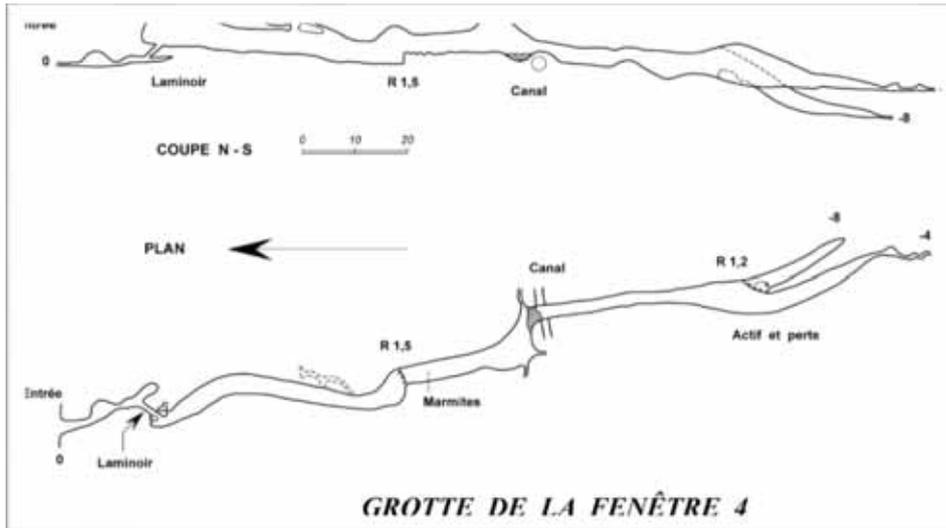
En 1963, M.J. Choppy mentionne la cavité dans un article publié dans "Spéléologie du département de l'Isère".

La grotte tombe ensuite dans l'oubli et échappera même à Maurice Chiron grand connaisseur du secteur.

Elle sera retrouvée le 30 avril 1983 par Philippe Bonnefoix et Marilynne Mouronvalle. Ph Bonnefoix publiera une topographie en 1991 dans le scialet N°20 (bulletin du comité départemental de spéléologie de l'Isère).

En 1998, les furets jaunes de Seyssins entreprennent la désobstruction des boyaux de sables. Les sorties de désobstruction se sont déroulées du 23/11/98 au 11/5/02 en deux périodes :

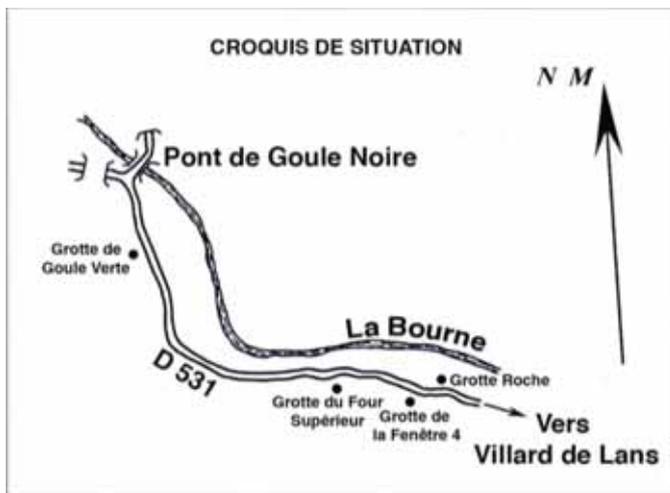
- 1998 et 1999 : désobstruction de la galerie de gauche (inférieure) (sans suite).
- 2001 et 2002 : désobstruction de la galerie de droite. La première s'est faite le 8/5/02 "le réseau des obstinés". La topographie a été faite le 8 mars 2003 par Bernard Leprêtre, Jean Louis Bret et Patrice Chaffy.



14 - Topographie - mars 2003 par Bernard Leprêtre, Jean Louis Bret et Patrice Chaffy

## Description de la cavité

### Accès



15 - Croquis de situation - Fenêtre 4, Grotte Roche, grotte du Four (Sup. et Inf.) Goule Verte

La Fenêtre 4 est située 40 mètres au-dessus de la Grotte Roche. En remontant les gorges de la Bourne (RD 531) depuis le pont de Goule Noire, il faut s'arrêter au premier grand parking sur la gauche. Il faut traverser la route en amont du parking, et passer derrière les filets de protection pare-pierre pour accéder à la vire. De là, il faut monter une dizaine de minutes (130 mètres) en suivant le pied

de falaises. L'entrée de la cavité est située dans le joint de strate sous un petit porche.

## Description

Sous le porche, par un court laminoir d'entrée, on accède à une petite salle (5 m de long 2.5m de large) où l'on observe des concrétions mondmilcheuses ainsi que de l'argile en état de vermiculation sur les parois.

L'exploration se poursuit soit par la fameuse étroiture de la Fenêtre 4 en montant dans un laminoir-boyau assez étroit (4m de long 70 cm de large), soit par un boyau désobstrué plus large.

On débouche dans une grande salle en roche vive. Son accès a été désobstrué offrant un passage plus confortable que le laminoir boyau! Cette première grande salle dite "galerie principale" ou "galerie Favot" pour les similitudes qu'elle présente avec la grotte du même nom voisine (en plus petit... 10 mètres de haut pour 5 mètres de large et 20 mètres de long). La galerie est composée de trois portions;

- une première partie descendante; marquée au sol par quelques petits gours dégradés et de nombreux blocs. Les parois attirent notre attention. La paroi droite est lisse et déversante alors que la gauche est couverte de concrétions. Au plafond on distingue des traces d'argile indiquant différents niveaux de remplissage ainsi que des coupoles d'érosion. Une grande fracture traverse la galerie dans son grand axe.
- une deuxième partie horizontale caractérisée par son sol composé d'argile est plus basse de plafond. Les parois sont de couleurs plus sombres et plus régulières. Le plafond présente également quelques coupoles et communique avec une petite galerie supérieure superposée par deux petites lucarnes.
- une troisième partie menant par une courte escalade à une galerie plus petite dite "galerie des marmites". La salle est plus ronde. Les parois sont marquées à mi-hauteur par deux couleurs, une basse plus sombre recouverte de traces d'argile, une supérieure plus claire. On peut accéder par une escalade sur la gauche et une petite vire à la galerie supérieure au-dessus de ce double plafond, en revenant sur nos pas. Dans la galerie supérieure située à 6 mètres du sol de la galerie principale, on retrouve des stalactites mondmilcheuses.

La galerie principale conduit à la "galerie des marmites" par un petit ressaut (3 mètres) dont le sommet est recouvert de nombreux coups de gouge. La "galerie des marmites" mesure 20 mètres de long pour 6 mètres de haut et 2.5 mètres de large. Les parois sont lisses et laissent apparaître des petits résidus de planchers stalagmitiques. Le plafond présente de nombreuses et grosses coupoles d'érosion ainsi qu'en son long une fracture bien visible. Le sol présente de grosses marmites dont les plus profondes atteignent près d'un mètre et mesurent 80 centimètres de diamètre.

Après la "galerie des marmites", le sol redevient régulier, puis il faut passer une chicane située dans une large diaclase. Nous arrivons sur une zone remaniée lors des travaux de la conduite forcée de Goule Blanche.

Cette zone remaniée descendante débute par un petit lac et se poursuit par un talus de terre (couvrant la conduite). C'est par cet endroit que les ouvriers des travaux de la conduite forcée ont découvert la Fenêtre 4. Lorsque la conduite est remplie d'eau, une fuite de la conduite remplit le lac en amont et crée en un petit actif qui sourd du talus de terre.

Cette zone remaniée se termine sur une bifurcation en "Y":

- A gauche, après un court ressaut, une "galerie inférieure" dont les parois sont marquées jusqu'à 80 cm de hauteur par des traces d'argile. On prend pied sur un plancher stalagmitique au départ puis on contourne un amas rocheux pour arriver sur un sol de sable. Sous l'amas rocheux, se trouvent des puits (où se perd l'actif crée par la fuite de la conduite) qui jonctionnent avec grotte Roche au niveau de la salle de Persévérance. La galerie inférieure se termine sur un conduit obstrué par des sables (Zone désobstruée de 1998 à 1999 par les FJS sans résultats).
- A droite, une galerie supérieure dite "galerie des obstinés" sablonneuse entièrement désobstruée (environ 500 bacs). Elle commence par un laminoir pour se terminer en conduite forcée (le réseau des obstinés, FJS). Le ramping d'une trentaine de mètres débouche dans une salle circulaire
  - o à gauche bouchée par un cône d'éboulis au-dessus duquel on observe une coupole d'érosion.

- à droite une plage de sable menant à une petite cascade dont l'eau se perd dans la boue sous une méduse de calcite. Le plafond de cette galerie s'abaisse progressivement jusqu'au niveau de la laisse d'eau.

L'accès au "terminus" de la cavité se fait en escaladant la méduse (2 mètres), un petit ramping dans l'eau... nous permet par un court méandre actif de se rendre dans une petite salle basse.

Cette salle basse est marquée par quelques concrétions. L'actif arrive d'une fracture située à 1 mètre de hauteur. Cette salle basse se poursuit par un puits de 7 m. Ce puits donne sur un boyau étroit de 10m qui est entrecoupé d'un puits étroit actif redescendant vers la petite salle. Après avoir enjambé ce puits, on peut remonter dans ce méandre actif jusqu'à buter sur un siphon sablonneux.

# Topographie

---

# GROTTE DE LA FENÊTRE 4

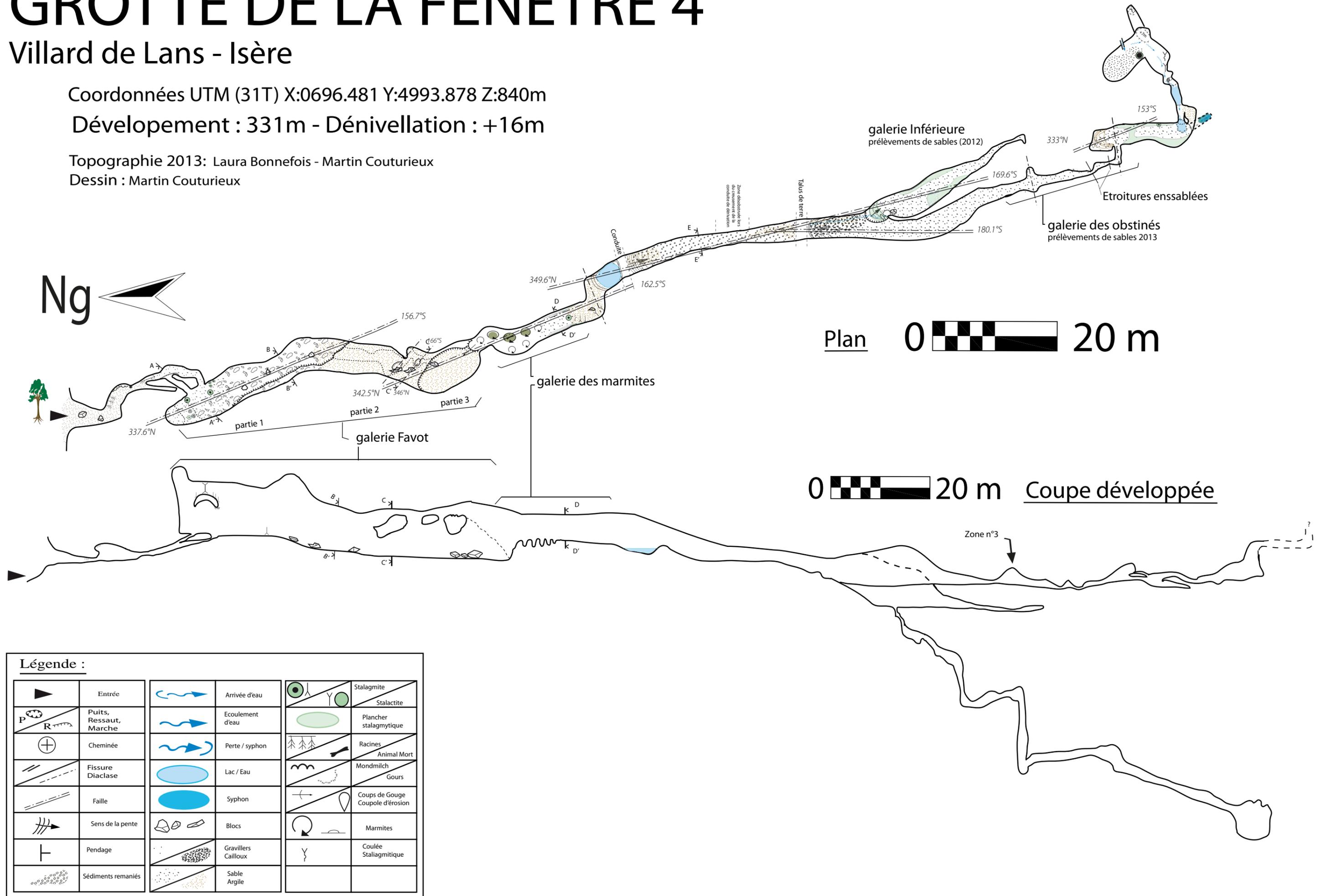
Villard de Lans - Isère

Coordonnées UTM (31T) X:0696.481 Y:4993.878 Z:840m

Développement : 331m - Dénivellation : +16m

Topographie 2013: Laura Bonnefois - Martin Couturieux

Dessin : Martin Couturieux



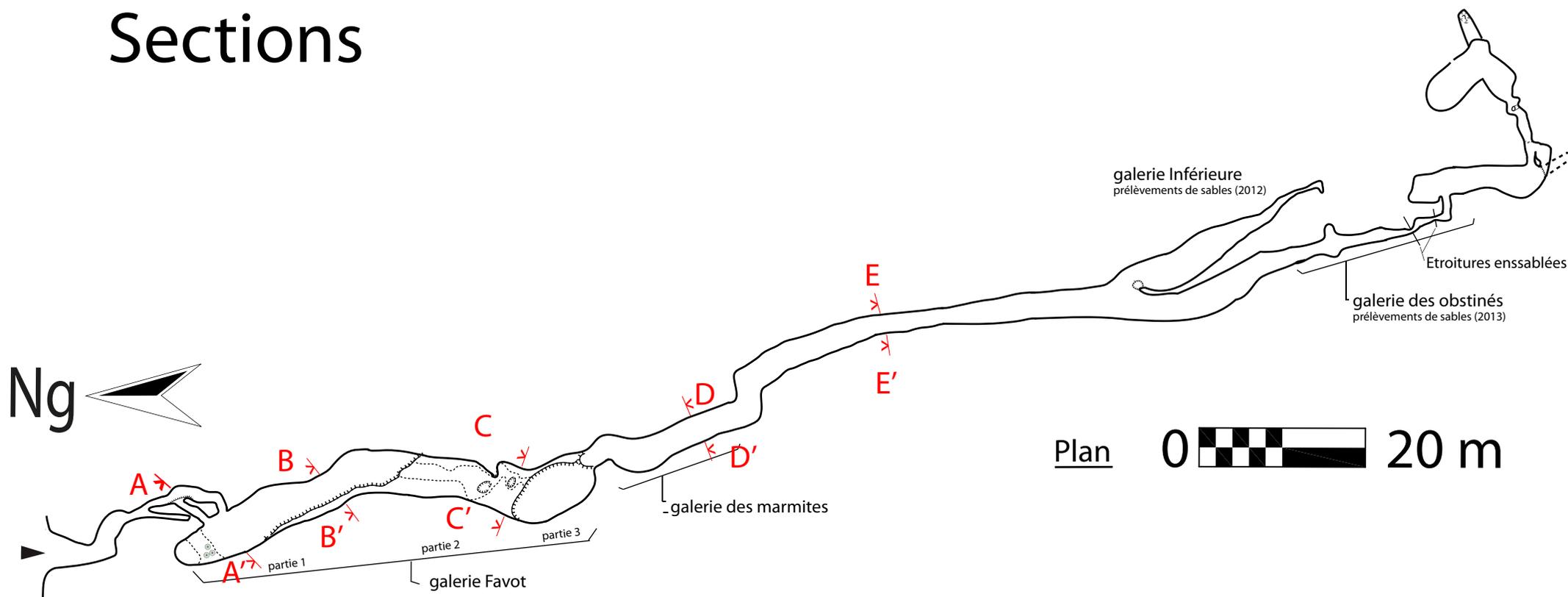
## Légende :

	Entrée		Arrivée d'eau		Stalagmite
	Puits, Ressaut, Marche		Ecoulement d'eau		Stalactite
	Cheminée		Perte / syphon		Plancher stalagmytique
	Fissure Diaclase		Lac / Eau		Racines
	Faïlle		Syphon		Animal Mort
	Sens de la pente		Blocs		Mondmilch
	Pendage		Gravillers Cailloux		Gours
	Sédiments remaniés		Sable Argile		Coups de Gouge
					Coupole d'érosion
					Marmites
					Coulée Stalagmitique

# GROTTE DE LA FENÊTRE 4

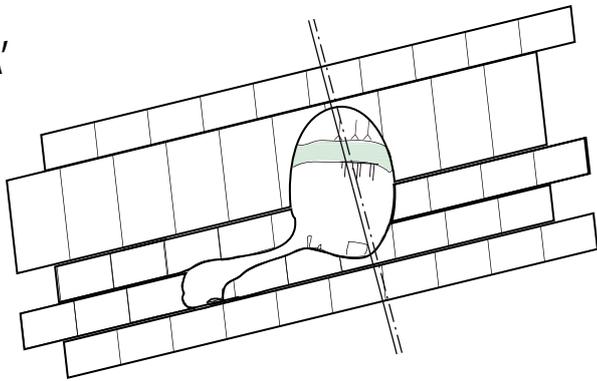
Villard de Lans - Isère

## Sections

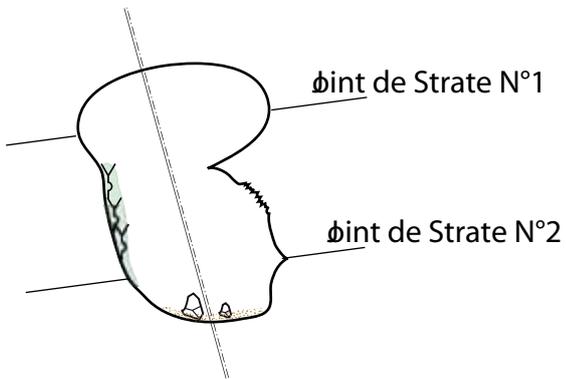


# Sections schématiques

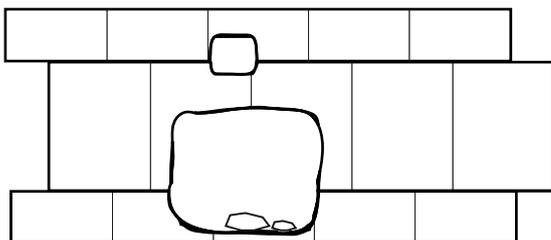
A - A'



B - B'

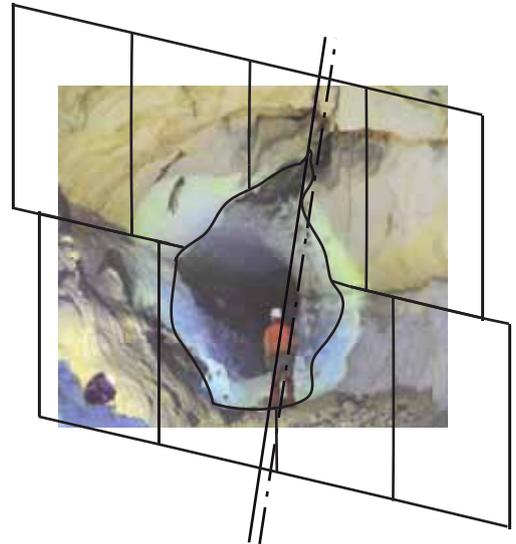


C - C'

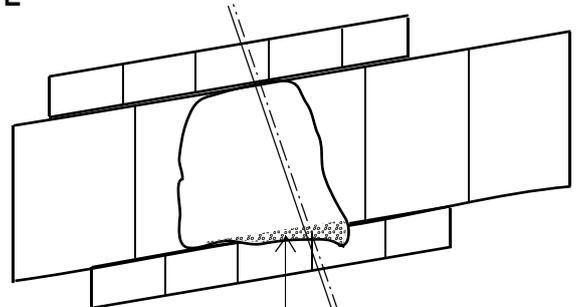


Section dans l'axe de la diaclase

D - D'



E - E'

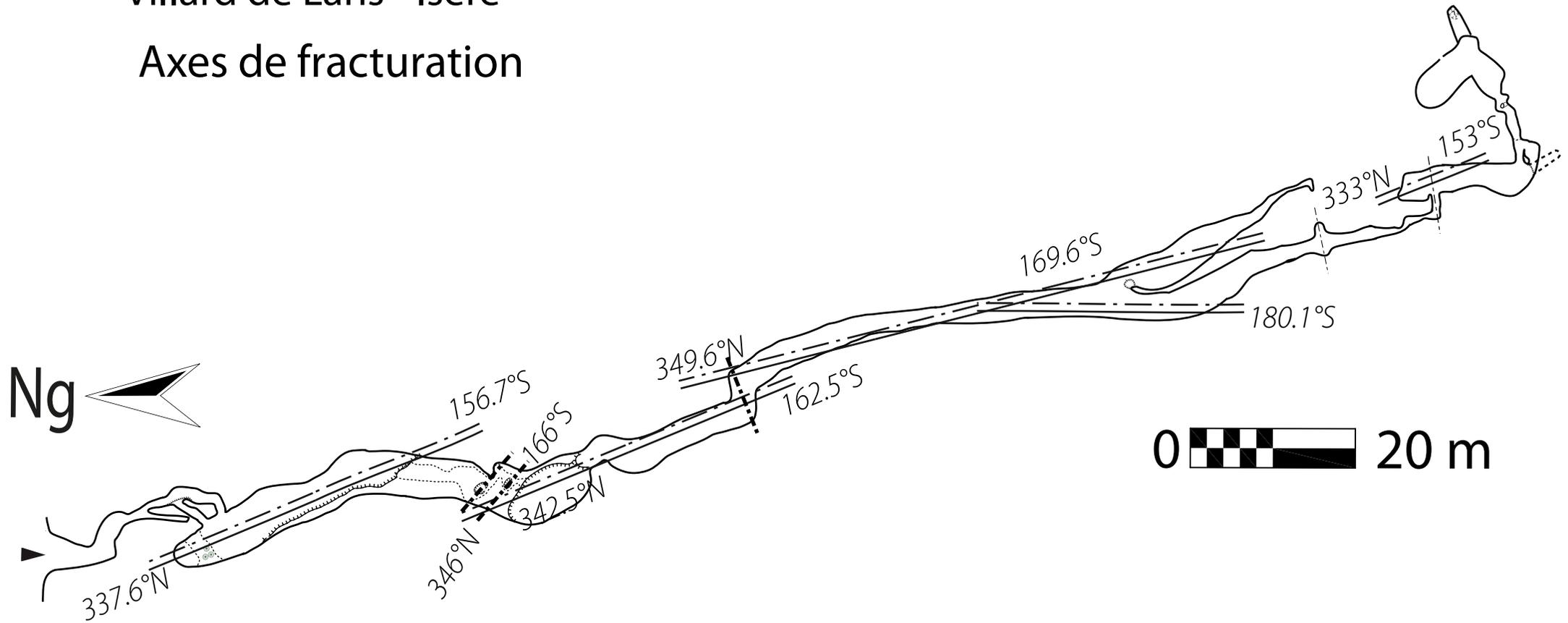


Zone Remaniée lors des travaux Sol Remanié

# GROTTE DE LA FENÊTRE 4

Villard de Lans - Isère

Axes de fracturation

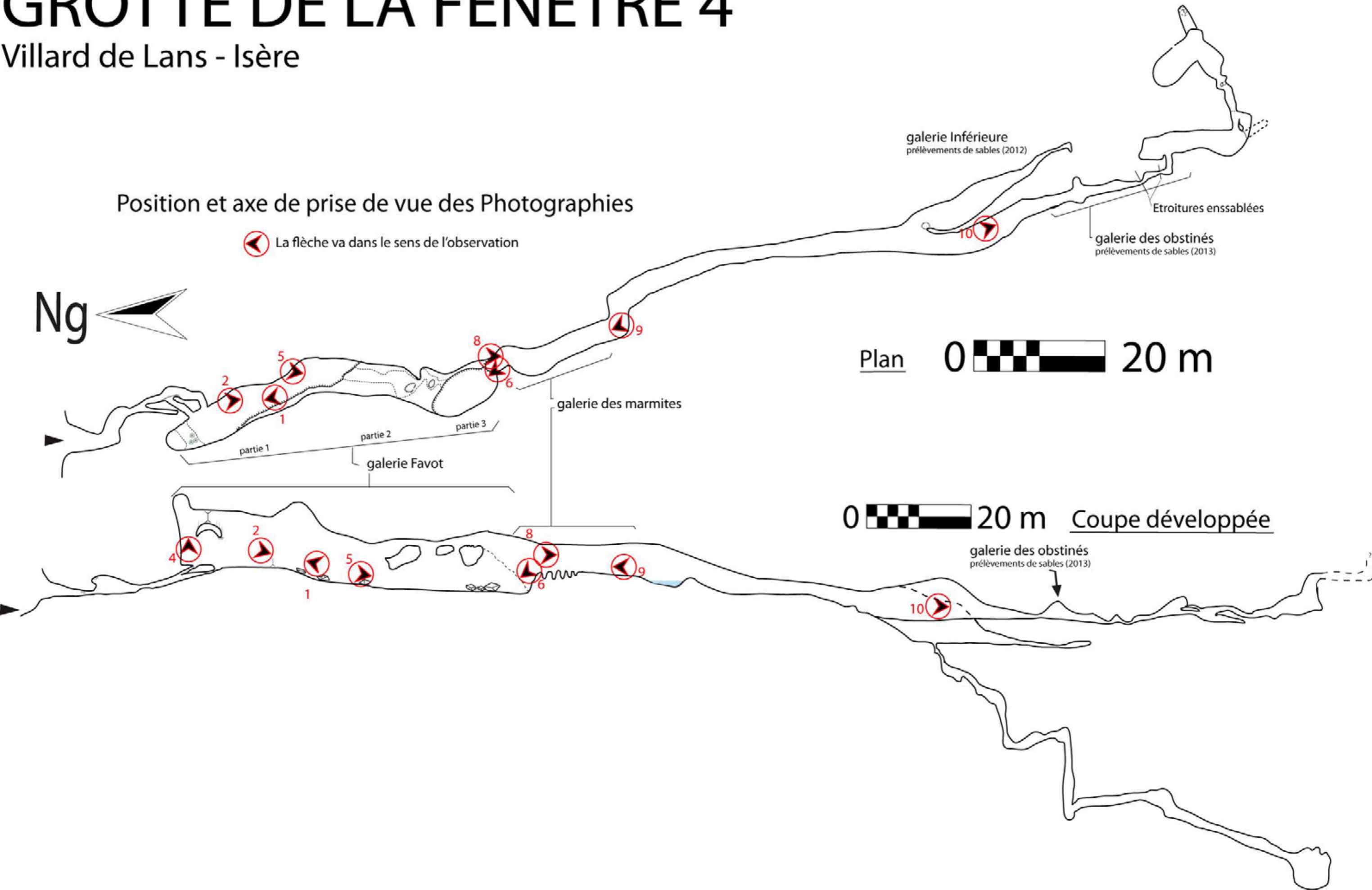


# GROTTE DE LA FENÊTRE 4

Villard de Lans - Isère

## Position et axe de prise de vue des Photographies

 La flèche va dans le sens de l'observation



galerie Inférieure  
prélèvements de sables (2012)

Etroitures ensablées

galerie des obstinés  
prélèvements de sables (2013)

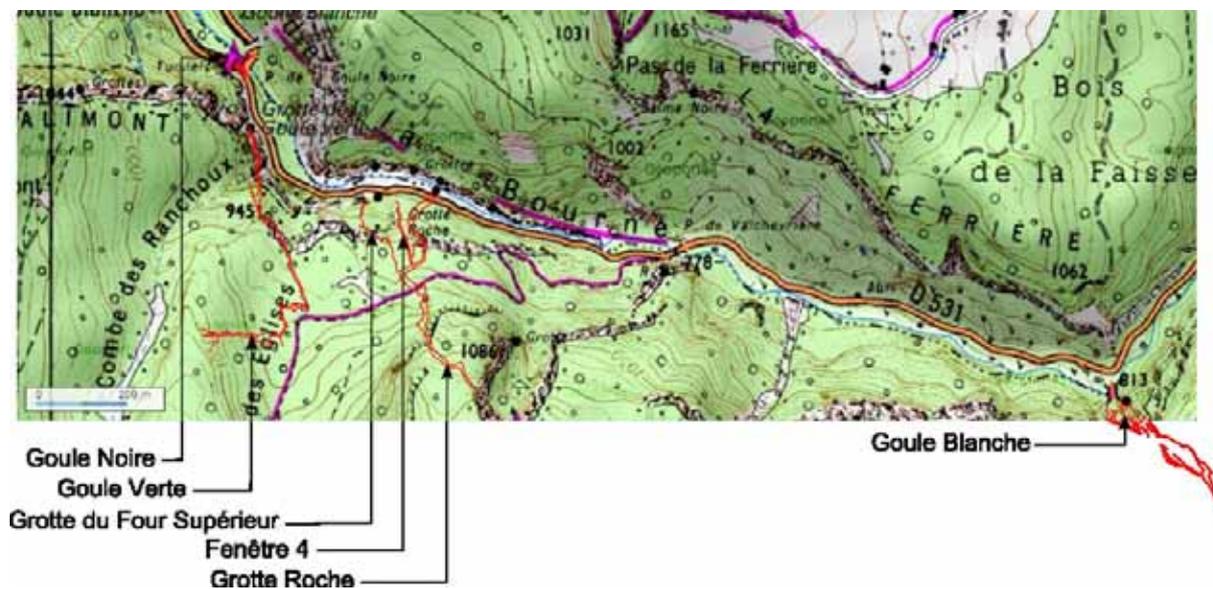
Plan 0  20 m

0  20 m Coupe développée

galerie des obstinés  
prélèvements de sables (2013)

# Planimétrie

---



16 - illustrations et report planimétrique des cavités connues a proximité de Fenêtre 4 – Etude Hydrologique - Stage Equipier Scientifique du 4 au 8 juillet 2012

## Observations des phénomènes géomorphologiques

---

Au cours de cette étude, j'ai choisi de m'arrêter sur trois zones particulières me permettant d'analyser des points stratégiques de la cavité.

- La première zone "galerie Favot", de grandes dimensions laissent imaginer une forte activité hydraulique. Mais d'où vient l'eau? Où va-t-elle? Et comment cette salle s'est-elle creusée?
- La deuxième zone d'étude concerne la "galerie des marmites" Comment se sont-elles formées?
- La troisième zone étudiée concerne la "galerie des obstinés" et plus particulièrement une coupe de sable mise à jour lors de la désobstruction de cette galerie. D'où proviennent ces sables ?

Après une phase d'observation des sables prélevés dans la galerie des obstinés, nous les comparerons avec ceux de la galerie inférieure de la Fenêtre 4 (stage équipier scientifique 2012) puis ceux de la salle de la persévérance (grotte Roche). Quelles relations entretiennent ces galeries?

### La "galerie Favot" (Zone 1)

Il s'agit de la galerie principale de la cavité. Elle se poursuit jusqu'au ressaut permettant d'accéder à la "galerie des marmites". On peut la diviser en 3 parties (cf. partie description).

*La première partie de la "galerie Favot", première salle:*

Fracture 156.7°S

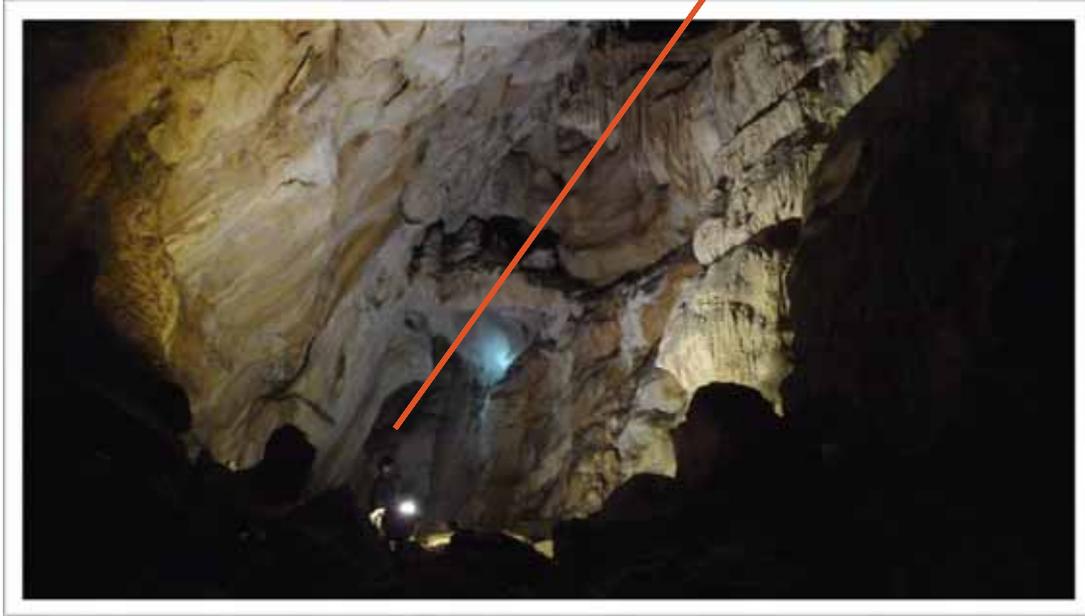


Image 1 – "galerie Favot" - partie Nord

- Cette salle de forme rectangulaire présente:
  - o une entrée double: un boyau laminoir et un boyau désobstrué.
  - o une paroi latérale gauche, assez régulière et recouverte de concrétions. (principalement coulées de calcites et petites stalagmites).
  - o une paroi latérale droite, plus intéressante. On distingue trois strates de hauteur semblable (3.5 mètres). Cette paroi est légèrement déversante.
    - Dans sa partie haute, on observe un aspect de banquette limite qui s'arrête au niveau du premier joint de strate.
    - La strate intermédiaire est particulièrement délitée par rapport aux deux autres et légèrement marquée par des coupoles d'érosions.

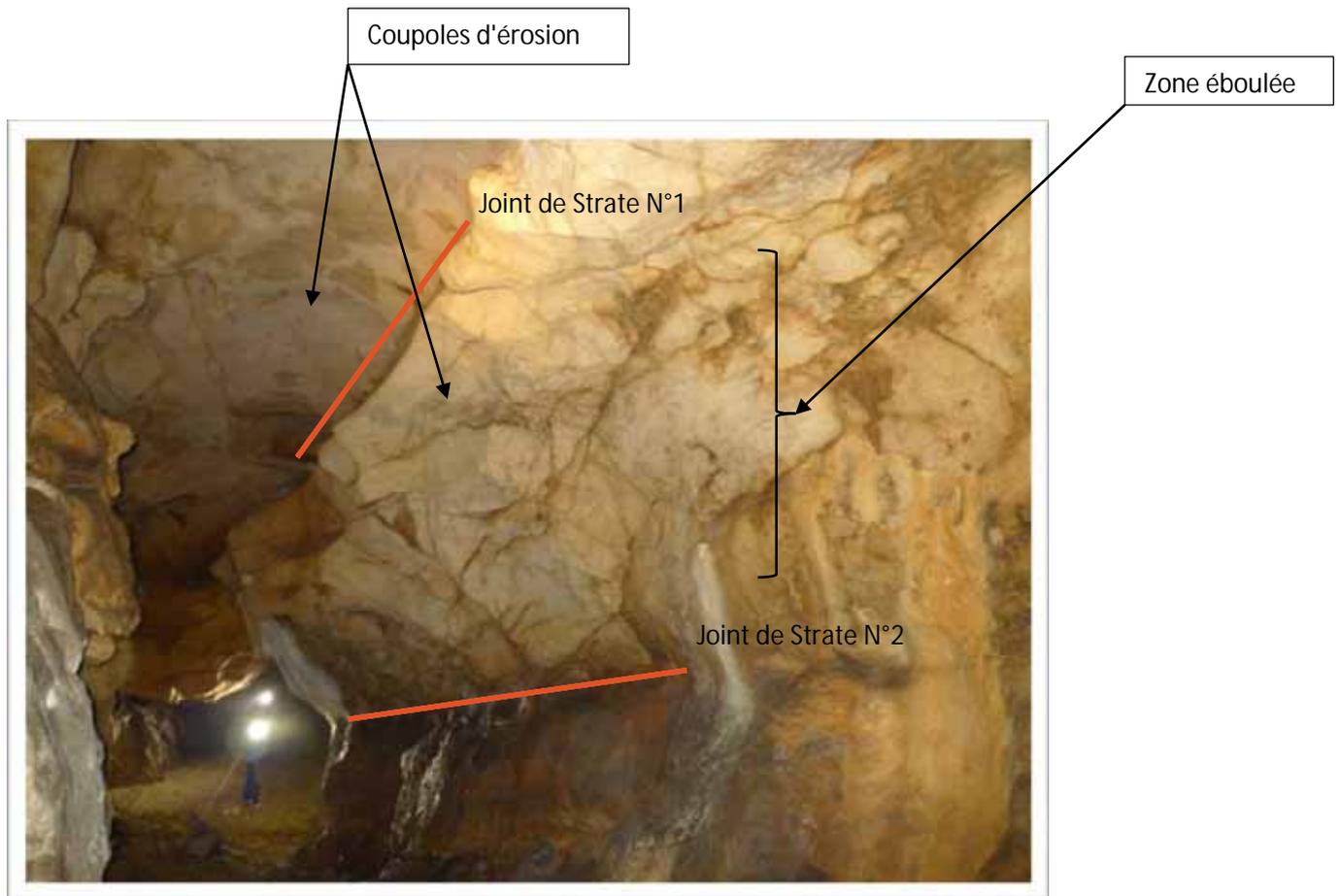


Image 2 - "galerie Favot" partie déclinée

- Le sol est dans son premier quart, plan et marqué par des mini gours en décomposition.
- Dans ses  $\frac{3}{4}$  restants, le sol suit une pente déclinée (estimée à 20% à partir des visées topographiques) et est jonché de gros blocs de rochers restes d'éboulis. Ces blocs sont marqués de coups de gouges orientés vers la sortie et présentent des similitudes avec la strate intermédiaire dans leur coloration et leur forme.
- Le plafond est coupé par une fracture en son axe principal orientée  $156.7^{\circ}\text{S}$  (degrés décimaux). Il est marqué par des coupes d'érosions.



Image 3 - Arche "galerie Favot"

Dans sa partie la plus au Nord, on note une arche (Image 3) composée d'un plancher horizontal sur lequel se trouvent des stalagmites et des fistuleuses. Au nord de cette arche et au-dessus on remarque un chenal de voute et des traces de remplissage (argile) (Image 4).

Arche

Remplissages



Chenal de voute

Image 4 - Arche et traces de remplissage au plafond

*La deuxième partie de la "galerie Favot", deuxième salle:*

- La deuxième partie est composée de deux galeries superposées qui communiquent via deux lucarnes. Ces deux galeries sont séparées par la strate intermédiaire de la première partie de la galerie Favot.
  - o La galerie inférieure, principale:

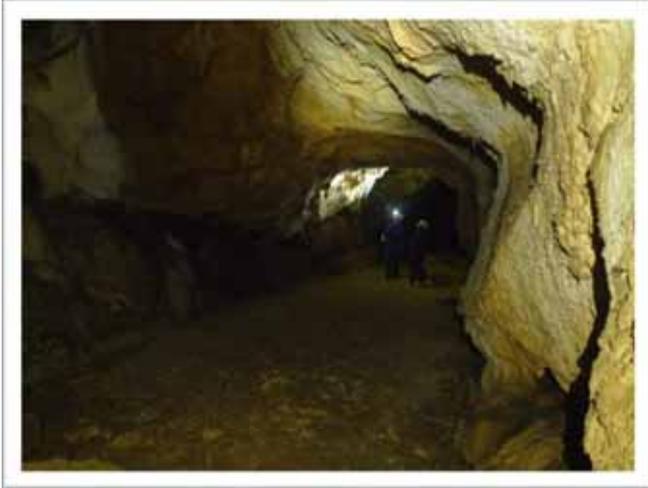


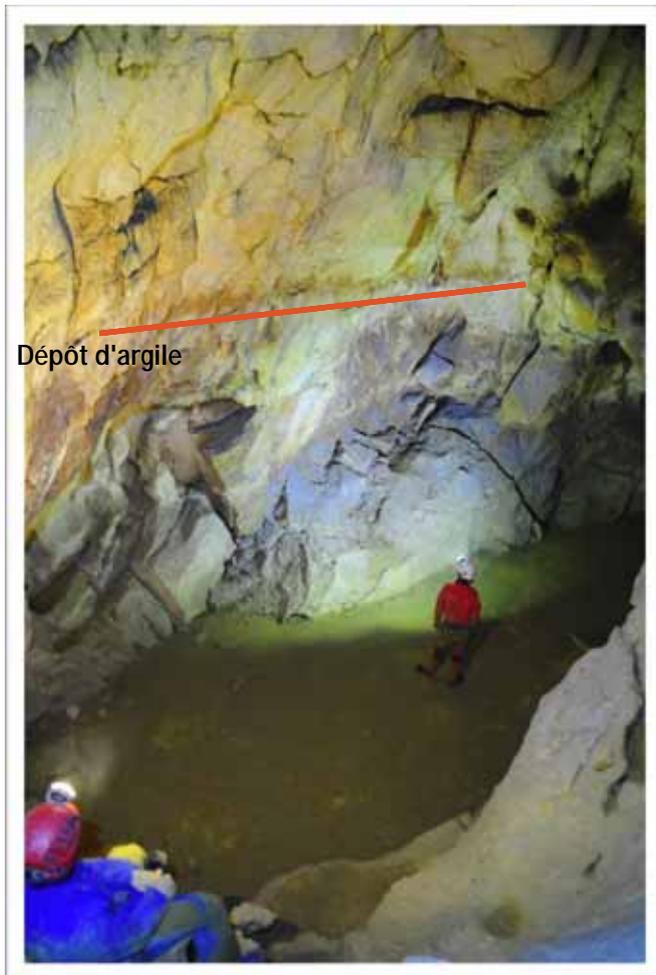
Image 5 – "galerie Favot", deuxième partie

- Est rectangulaire et plus petite que la première salle de la galerie Favot (environ 4 mètres de haut).
- Le plafond est formé par la strate intermédiaire décrite dans la première salle de la galerie Favot.
- Son sol est horizontal, régulier et argileux. Quelques rares rochers se trouvent dans l'axe des deux diaclases formant les deux lucarnes.

- o La galerie supérieure superposée : est un conduit de petite taille présentant quelques coupes de plafond ainsi que des petites marmites (20 cm de profondeur).

*La troisième partie de la "galerie Favot", troisième salle :*

- La salle atteint la même hauteur que la première salle, sa forme est celui d'un cylindre dont le grand axe est vertical (hauteur 10 mètres)



Dépôt d'argile

Image 6 – "galerie Favot" troisième partie – A Brigant

- Sur la paroi droite on distingue une ligne de dépôt d'argile à mi-hauteur qui est dans le prolongement du plafond intermédiaire de la deuxième salle. Ce niveau de dépôt correspond également à la hauteur de l'entrée dans la première salle de la galerie Favot, d'après la topographie.

- Son plafond est marqué par des coupes de plafond de plus grand diamètre que celles vues précédemment (environ 2 mètres). On trouve également une fracture suivant l'axe principale de la cavité. (162.5°S).

- Son sol dessine un cercle dont le diamètre est plus large que les deux largeurs des premières parties. Il est de même composition que la partie précédente c'est-à-dire horizontal régulier et couvert d'argile

## La "galerie des marmites" (Zone 2)

Après l'escalade d'un ressaut, on accède à la "galerie des marmites" de forme cylindrique de grand axe horizontale.



Image 7 - Coups de gouge, "galerie des marmites"

○ Le bord de ce ressaut est recouvert de coups de gouge orientés vers la galerie Favot.

### Mesure des coups de gouges:

Taille moyenne de 2.6cm/ coup de gouge, à partir d'un échantillon de 20 coups de gouge pour une surface de 0.16m<sup>2</sup>.

D'après le diagramme de CURL, on peut estimer la vitesse du courant nécessaire à former ces vagues d'érosion. Soit environ 250<sup>cm/sec</sup> pour une température d'eau à 10 degrés Celsius. Si on estime que la température de l'eau était plus proche de zéro lors du creusement de la conduite (eau d'origine glaciaire), la vitesse du courant est alors d'environ 500<sup>cm/s</sup> près des parois. La vitesse au centre du conduit est multipliée par deux ou trois.

Les vagues d'érosion marquent la paroi jusqu'à 50 centimètres de hauteur. On peut estimer la section d'écoulement par une demi-ellipse de 0.5 mètres de petit Rayon et de 1.2 mètres de grand rayon.

$$S = (\pi * R * r) / 2 = 0.94 \text{ m}^2$$

Le débit est alors estimé ainsi:

$$\text{Débit (m}^3\text{/sec)} = \text{Surface (m}^2\text{)} * \text{Vitesse (m/sec)}$$

Soit:

$$D_{\text{Mini}} = 0.94 * 5 = 4.7 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$D_{\text{Max}} = 0.94 * 15 = 14.1 \text{ m}^3\text{/s}$$

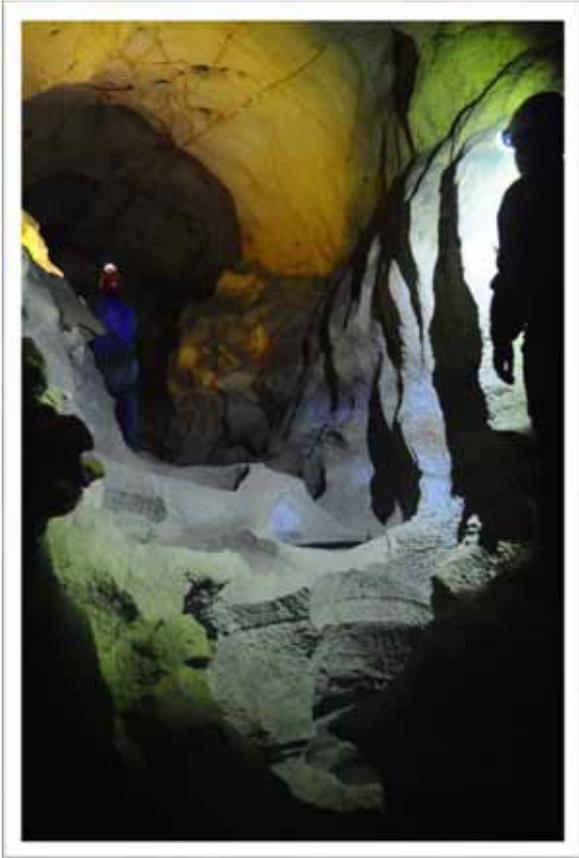


Image 8 – "galerie des marmites" - A Brigant

○ Les parois de cette galerie sont séparées en deux à mi-hauteur par un joint de strate et selon un mécanisme différent d'érosion.

- Au-dessous du joint de strate, la paroi est formée de sortes de cannelures évoquant le prolongement des marmites situées au sol et de même diamètre que celles-ci.

- Au-dessus du joint de strate, la paroi est lisse jusqu'au plafond.

○ Au plafond, on retrouve les coupoles d'érosion de deux mètres de diamètre semblables à celle de la troisième salle de la galerie Favot et une fracture orientée dans l'axe de la cavité prolongeant celle vue précédemment.

- Le sol est troué de grandes marmites de 80 cm de diamètre et jusqu'à un mètre de profondeur en moyenne.



Image 9 – "galerie des marmites" vue du fond - A. Brigant

## La "galerie des obstinés" (Zone 3)

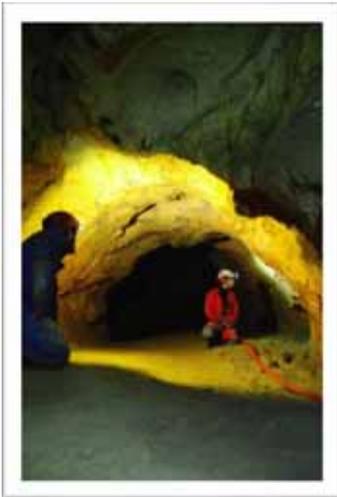


Image 10 - Entrée de la "galerie des obstinés" - A. Brigant

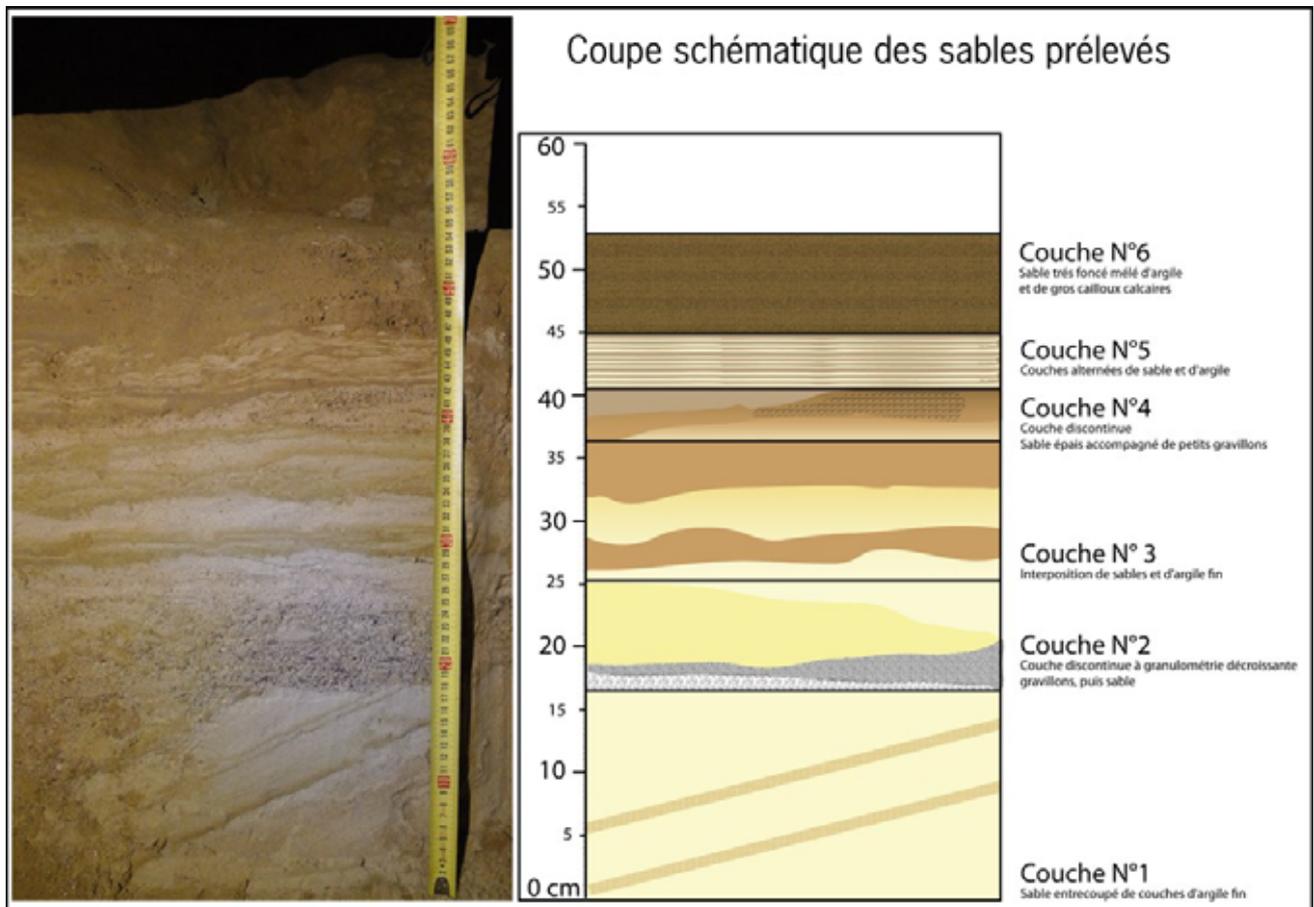
Cette galerie totalement désobstruée laisse apparaître différents niveaux de sables.

### *Observation des sables prélevés :*

Méthode :

- 1/ Les échantillons sont observés macroscopiquement.
- 2/ Les sables sont photographiés sur papier millimétré afin d'estimer la taille des grains et leur composition.
- 3/ La réaction des sables par un test à l'acide chlorhydrique à 23% permettant de dissocier les carbonates est notée.

Voici la coupe de la "galerie des obstinés" de 60 centimètres d'épaisseur, que nous avons séparé schématiquement en 6 couches correspondant à différents régimes hydrauliques.



17 - Coupe des sables – "galerie des obstinés"

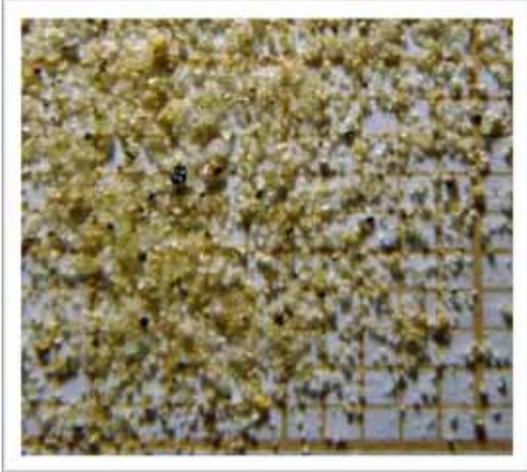
## Couche N° 1

### 1/ Description macroscopique

Couche homogène très claire séparée par deux couches obliques plus sombres  
Sables blancs très fins (Quartz à 95%?) avec quelques grains noirs (Pyroxènes?)  
Les grains plutôt anguleux (très légèrement émoussés).

2/ Taille  $\approx$  0.2mm

3/ Réaction à l'acide : Positive très faible



19 A – Couche N°1 - granulométrie



19 B – Couche N°1 - réaction à l'acide

## Couche N° 2

### 1/ Description macroscopique

Couche horizontale en lentille

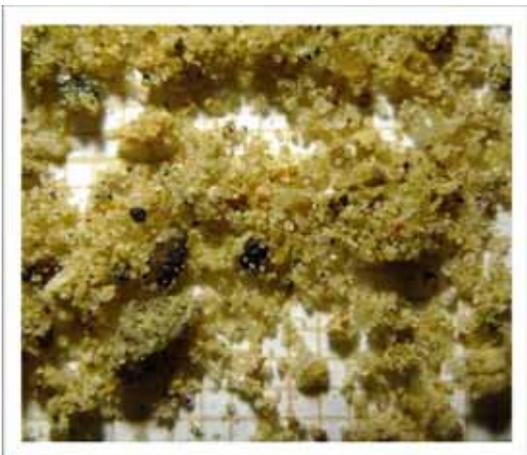
Sables plus denses et plus foncés, présence de graviers en quantité dont la taille diminue au sein de cette couche du bas vers le haut (ciment calcaire?), présence de petits grains noirs (Pyroxènes) et blancs (Quartz  $\pm$  feldspath). Quelques éléments plus bruns / ocre font penser à des éléments siliceux (Silex).

Les grains plus gros sont plus anguleux que ceux de la couche N°1.

2/ Taille : de 3 mm en bas de la couche

3/ Réaction à l'acide : Positive (+)

à 0.5mm en haut.



21 A – Couche N° 2 - Granulométrie



Etude de Cavité Grotte de la Fenêtre 4  
21 B – Couche N°2 - réaction à l'acide

### Couche N° 3

#### 1/ Description macroscopique

Couche composée d'une alternance de dépôts de sables clairs et plus foncés (Argile). Sables fins et plus humides (semblent plus denses) de couleur plus brune. On retrouve des grains très blanc (Quartz) et des grains noirs (Pyroxènes) comme dans les précédentes couches, mais ils semblent liés par de l'argile. Dans les strates les plus sombres de cette couche, l'argile semble prédominée.

#### 2/ Taille 0.3mm

#### 3/Réaction à l'acide : Négative



23 A – Couche N°3 - granulométrie



23 B – Couche N°3 - réaction à l'acide

### Couche N° 4 :

#### 1/ Description macroscopique

Couche plus fine en épaisseur et plus homogène, mais le dépôt est irrégulier (en lentille). Sables bruns et plus orangés, présence de graviers (à nouveau en quantité modérée), présence de grains noirs (Pyroxènes) et de Quartz peu anguleux.

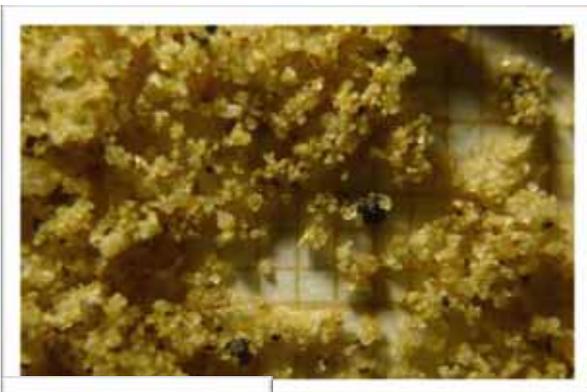
#### 2/ Taille

Sables 0.3mm

Grains noirs de l'ordre de 1mm

Graviers 3 mm

#### 3/ Réaction à l'acide : Faible



25 A – Couche N°4  
granulométrie



25 B – Couche N° 4 - réaction à l'acide

### Couche N° 5:

#### 1/ Description macroscopique

Couche compacte où s'alternent de très fines couches de sables blancs et d'argile (aspect de millefeuille). Présence de quelques grains noirs (Pyroxènes + Quartz)

2/ Taille <math>< 1/10^{\text{ième}} \text{ mm}</math>

3/ Réaction à l'acide : nulle



27 A – couche N° 5-  
granulométrie



27 B – Couche N° 5-  
réaction à l'acide

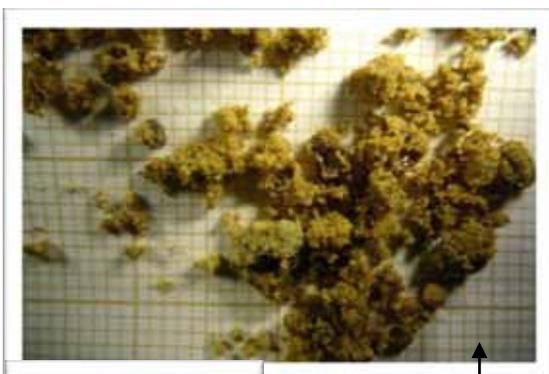
### Couche N° 6 :

#### 1/ Description macroscopique

Couche de surface, sable épais mêlé d'argile et de gros cailloux, couleur brun très foncé

2/ Taille 0.3 mm  
grains de 1 à 2 cm

3/ Réaction à l'acide : Nulle



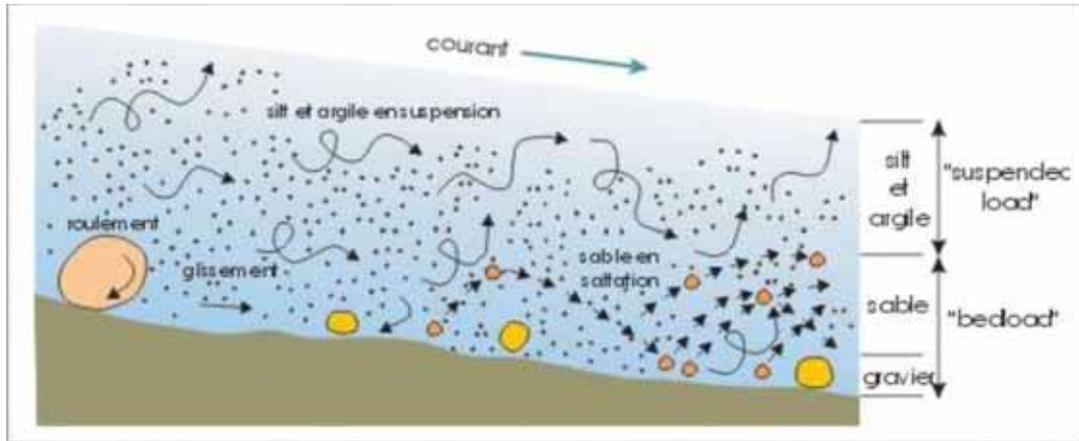
29 A – Couche N° 6 -  
granulométrie

29 B - Couche N° 6 - réaction à l'acide



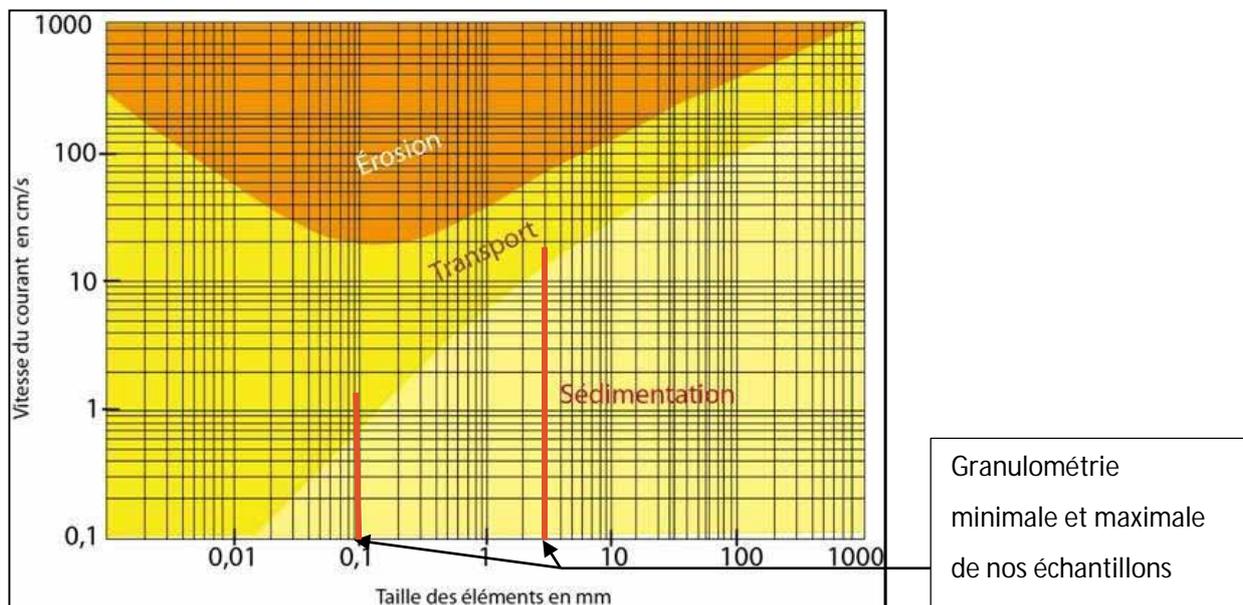
## Estimation des vitesses de sédimentation

Le transport des sables s'effectue par « saltation » et celui des graviers par « glissement » ou « roulement » :



30 - Mode de transport des particules dans un courant - Une introduction aux processus sédimentaires - Université de Liège 2011

On estime le débit de sédimentation à l'aide du diagramme ci-dessous (Hjulström)



31 - Diagramme de Hjulström - Une introduction aux processus sédimentaires - Université de Liège 2011

Dans la coupe réalisée, la taille des grains de sable varie de manière importante de 0.1 mm à 3 mm, dans les couches supérieures (n°6) on retrouve des petits cailloux pouvant faire 1 à 2 centimètres. Certaines couches sont plus agglomérées et contiennent de l'argile (n° 3, 4, 5, 6 granulométrie de l'ordre de 0.01mm).

Compte tenu de la taille des grains observés et d'après le diagramme de Hjulström, la vitesse du courant aurait fluctué entre 0,7 et 11 cm/s.

Calcul du débit au niveau de la coupe de section:

La coupe de sable étudiée se situe dans une zone totalement désobstruée. Pour le calcul du débit, il faut prendre en compte différentes sections (celle-ci diminuant d'autant que la sédimentation progresse).

Il y a donc 6 sections semi-ovales correspondant aux couches de sables du même niveau (Cf. image 14 Coupe des sables)

Calcul de la section  $S_1 = (0.8 * 1.12 * \pi) / 2 = 1.4 m^2$

La vitesse est en centimètres par seconde d'après le diagramme de Hjulström.

On obtient donc la variation de débit suivante:  $[D (m^3/s) = S (m^2) * V (m/s)]$

Section (m <sup>2</sup> )	Vitesse (cm/s)		Débit (m <sup>3</sup> /s)
S1=	1,4	1,1	0,015
S2=	1,0	11,0	0,110
		1,4	0,014
S3 et 4=	0,9	1,2	0,011
S5=	0,7	0,7	0,005
S6=	0,6	1,2	0,007

Lors du stage équipier scientifique en 2012, une étude comparable visant à déterminer le sens du courant a établi les débits suivants:

$D_{Max} = 0,017 m^3/s$  et  $D_{Mini} = 0,00198 m^3/s$



32 - Comparaison des débits des deux galeries ensablées de Fenêtre 4

Lors de cette étude, ils ont réalisés plusieurs coupes dans la galerie inférieure de Fenêtre 4, parmi ces coupes une d'entre elle comporte de nombreuses similitudes avec la coupe effectuée dans la "galerie des obstinés":



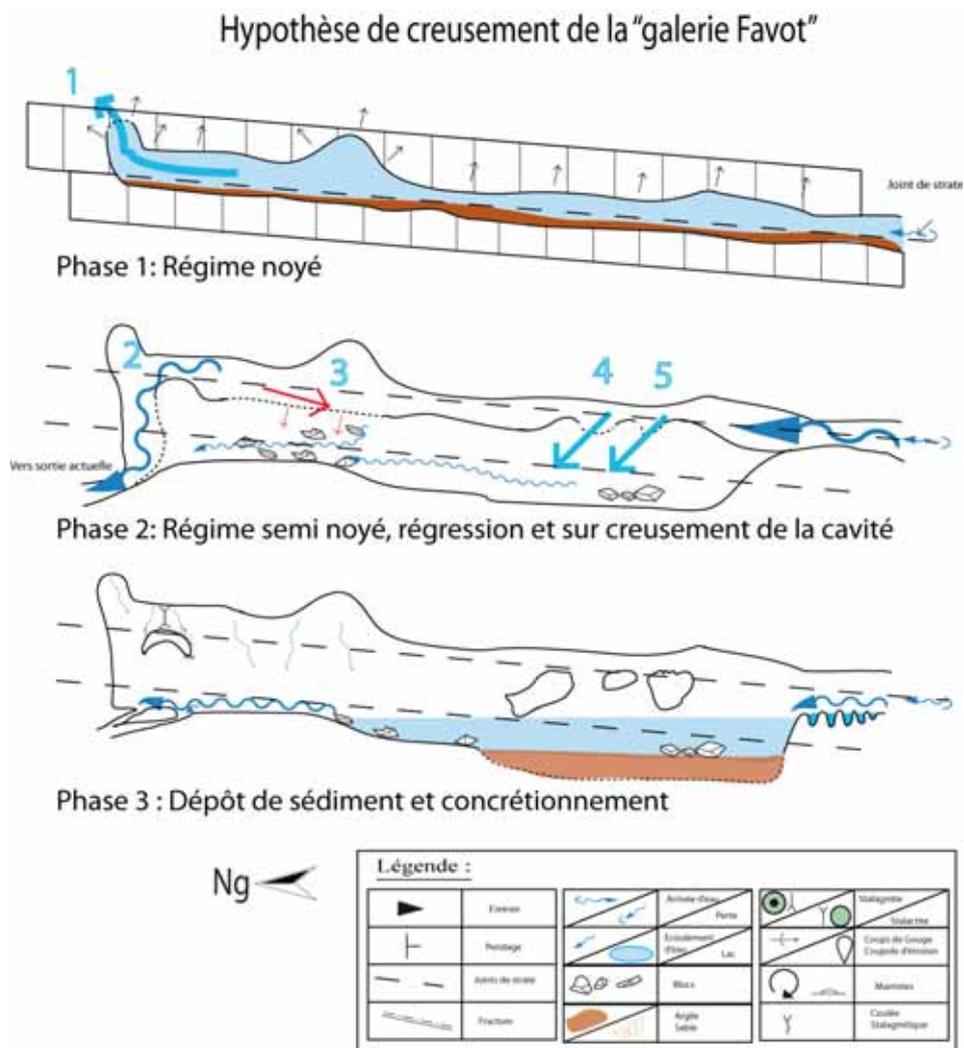
Image 11 - Comparaison des Coupe de sable réalisées à gauche dans la "galerie des obstinés" en 2013 et à droite dans la "galerie inférieure" en 2012 (stage scientifique)

# Karstogénèse : reconstitution morphogénique

Tout au long de la cavité, on peut suivre un ensemble de fractures orientées Nord-Sud (comprises entre 153°S et 180°S). C'est en grande partie grâce à ces fractures que la cavité s'est développée.

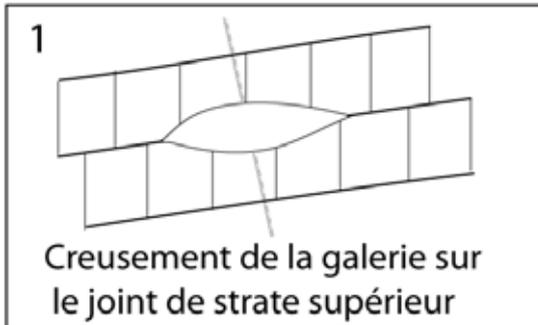
## La "galerie Favot" (Zone 1)

Au vu des observations, la formation de la "galerie Favot" semble liée à une érosion régressive. On peut supposer le creusement ainsi:



33 - hypothèse de formation de la "galerie Favot"

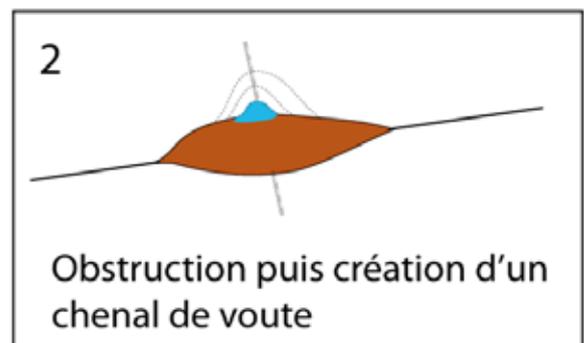
## Phase 1 à 2 : Régime noyé puis semi-noyé



34 - Hypothèse 1

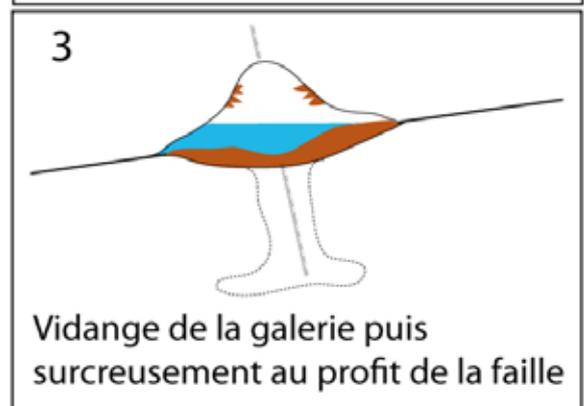
1 : Creusement par syngénétisme en régime noyé au profit du joint de strate et d'une diaclase (fracture) et évacuation de l'eau par le haut (Fig. 30: Phase 1 N°1).

2 : Obstruction du conduit et création d'un chenal de voûte (présence de coupôles d'érosions et d'un dépôt d'argile)



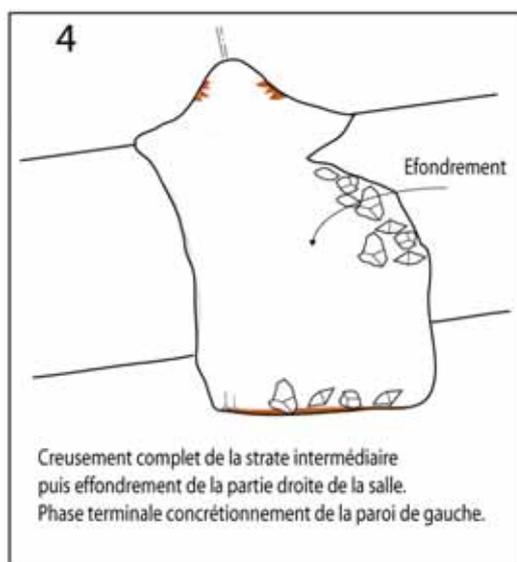
3 : L'augmentation du régime hydraulique de la cavité (causé probablement par une fonte de glaciers), permet l'évacuation du remplissage puis un surcreusement le long de l'axe de fracturation.

Initiation de l'érosion régressive (Fig.30. Phase 2-3-4-5) et formation d'une cavité en trou de serrure



35 - Hypothèse 2 - 3

## Phase 2 à 3: Régime semi noyé à dépôt sédimentaire et concrétionnement



36 - Hypothèse 4

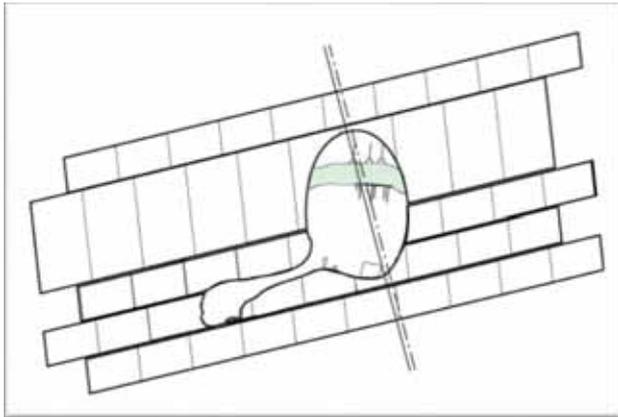
4 : Creusement en trou de serrure et régression de l'actif jusqu'au ressaut de la "galerie des marmites" (présence de coup de gouge). L'actif de la grotte s'écoule désormais au niveau de strate inférieure (Fig.30 Phase 3).

L'érosion continue dans la partie basse de la "galerie Favot" créant des banquettes limites. Celle de la paroi de droite, du fait de l'inclinaison des strates plus marquée qu'à gauche et de l'érosion finira par s'effondrer, élargissant ainsi la salle.

A ce stade, l'eau arrivant depuis la galerie des marmites s'évacue en remontant la salle 1 en direction de l'actuelle entrée de la grotte correspondant à sa sortie. Le niveau de sortie de l'eau de la "galerie Favot" est au même niveau que les marmites, d'après la topographie.

L'observation du plancher d'argile et des traces d'argile à mi-hauteur des parois latérales des salles 2 et 3, nous laisse supposer de l'existence d'un lac à cet endroit.

Dans cette salle la présence, sur les rochers au sol, de coups de gouge orientés vers l'entrée de la grotte viennent conforter ces hypothèses.

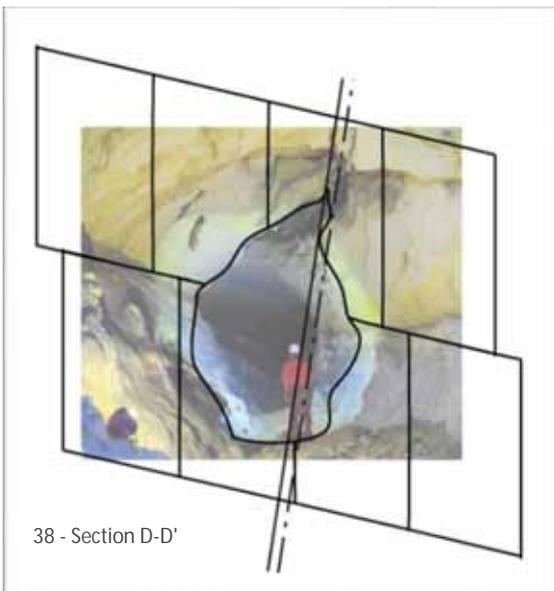


La section A / A' permet de préciser la communication entre la galerie d'entrée et la "galerie Favot" via le joint de strate.

37 - Section A-A'

Dans la petite salle d'entrée, on observe sur toute la surface des parois le phénomène de vermiculation de l'argile. Nous pouvons ajouter que l'argile se dépose dans des conditions de courant très faible voire nul. En réunissant ces deux conditions, l'argile se serait donc déposée sur les parois dans ces conduits post siphon en fonction des mises en charge ponctuelles. Cela nous amène à penser qu'en régime de crue, l'eau ne pouvait pas totalement s'évacuer par l'entrée de la grotte (qui est plus basse que la petite salle d'entrée). Après une mise en charge complète suivait une décrue lente permettant le dépôt d'argile dans la petite salle d'entrée.

## La "galerie des marmites" (Zone 2)



Dans cette galerie, on retrouve une fracture suivant l'axe de la galerie. Le plafond est marqué de grosses cupules d'érosions. On distingue bien le joint de strate (correspondant au premier joint de strate de la "galerie Favot").

La section D-D' illustre un creusement en régime noyé dans une roche homogène à la faveur d'une fracture.

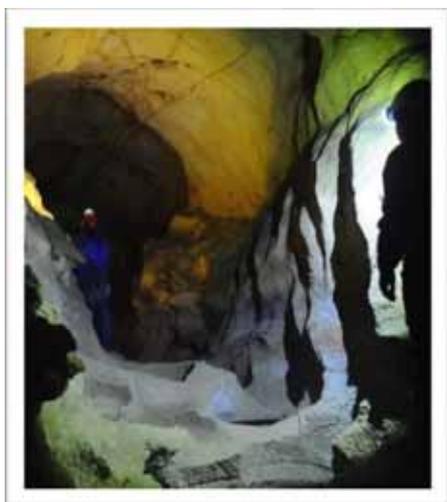
Si la première étape de cette galerie, était un régime noyé, la présence de marmites et des vagues d'érosion nous fait penser à un creusement à "l'air libre".

### Formation des marmites

Ce phénomène se produit d'une manière générale dans des zones de contact entre des calcaires et des autres roches (ou sables). Le facteur essentiel est lié à un fort brassage de l'eau par un écoulement tourbillonnaire qui augmente le phénomène de dissolution de deux à trois fois et localement.

Une fois le phénomène amorcé, il sera renforcé à la manière d'un "cercle vicieux" : le calcaire n'étant pas perméable à petite échelle, l'eau accumulée dans la marmite stagne, augmentant le temps d'échange et favorisant la dissolution du calcaire. Lors des phases de crue, l'écoulement tourbillonnaire dans la marmite augmente la aussi le phénomène de dissolution et renouvelle l'eau stagnante. Il se produit une hyper dissolution des calcaires très localisée associée à une régénération du bain corrodant.

La marmite va croître vers le bas mais aussi vers les côtés jusqu'à "crever" ses parois. (J. CORBEL)

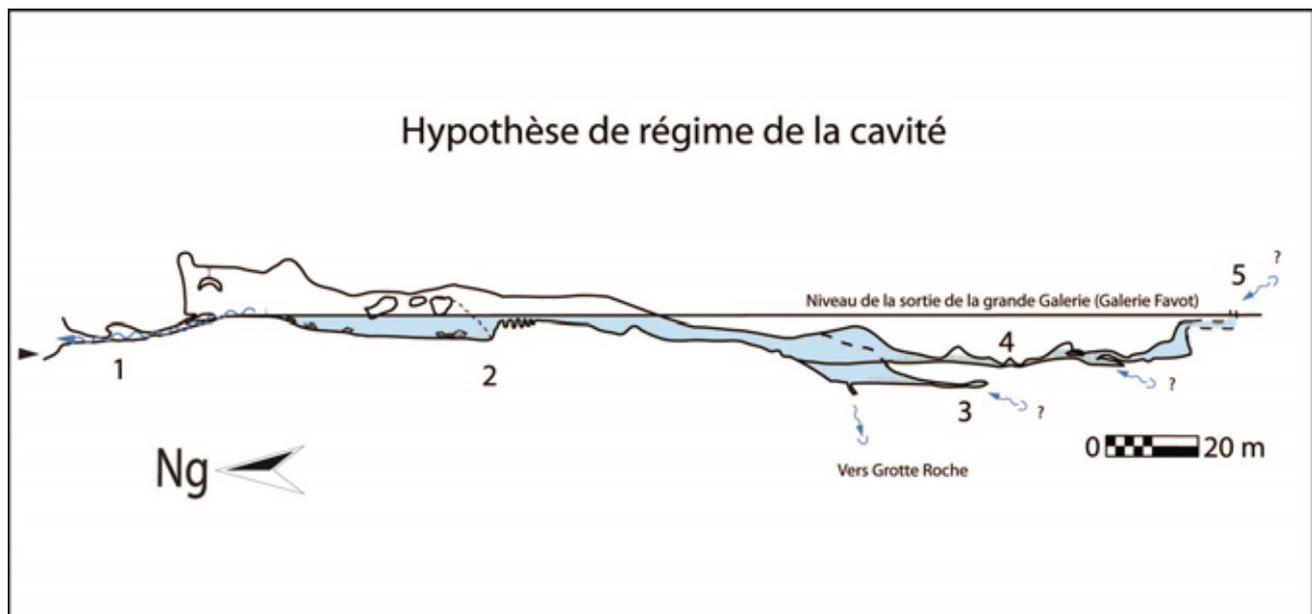


Sur l'image N°8 (ci-contre), on distingue sur les parois des sortes de cannelures qui s'étendent sur 1m50 de hauteur et constituent le prolongement des marmites. Après que les marmites aient complètement crevé, les parois s'érodent sur un mode "classique".

La fin de la galerie des marmites est entre coupée d'une diaclase qui fait changer la cavité brusquement de direction 80° gauche puis 80° droite pour retrouver son axe principal (chicane). Ces changements de directions et de pente entraînent une modification de

l'écoulement de l'actif. Au départ de régime laminaire, l'écoulement devient tourbillonnaire et s'accélère légèrement.

Si on se reporte à la topographie, on remarque un changement de pente à partir de cette diaclase (fin de la "galerie des marmites"). La cavité prend alors un profil légèrement descendant ce qui fait penser à un siphon inverse.



39 - Hypothèse du régime de la cavité

## La "galerie des obstinés" (Zone 3)

### *Hypothèse d'écoulement et mécanisme d'obstruction des galeries*

Les deux galeries ensablées ont été totalement désobstruées. Dans la "galerie inférieure" certaines vagues d'érosions semblent orientées vers le fond de la cavité. Lors de mes observations j'ai pu remarquer une forte concentration de rudistes (fossiles de bivalves marins du Mésozoïque). Lors de l'érosion, quand le rudiste n'est plus retenu par le calcaire il tombe en laissant un petit vide, le calcaire prend alors une forme irrégulière pouvant masquer et porter à confusion sur l'observation des vagues d'érosion à cet endroit.

L'observation des deux coupes de sables (Image 11 - Comparaison des Coupe de sable réalisées à gauche dans la "galerie des obstinés" en 2013 et à droite dans la "galerie inférieure" en 2012 (stage scientifique), page 46) met en évidence une relation des écoulements entre ces deux galeries. Pour sortir l'eau devait remonter jusqu'au niveau des marmites.

Plusieurs facteurs entraînant une baisse de régime de l'actif peuvent être responsables du colmatage de ces galeries par du sable. La baisse de régime peut être attribuée à:

- Une diminution de la fonte glaciaire (fin de période glaciaire).
- L'enfoncement de la Bourne.

En s'enfonçant, la Bourne fait baisser le niveau de base, ce qui entraîne un retrait de l'actif des cavités en hauteur (exemple de la grotte de la Fenêtre 4 ou grotte Favot). Dans la grotte de la Fenêtre 4, on imagine facilement que l'eau a pu trouver un chemin vers grotte roche via les puits reliant ces deux cavités. Dans la salle des niphargus (fond), la cavité est bouchée par un siphon de sable qui a pu lui-même se déposer lors du retrait de l'actif.

#### Composition des sables :

Les sables sont composés en grande partie d'éléments quartzitiques et de quelques pyroxènes. On retrouve dans les couches de surface une grande quantité d'argile.

#### Description des sables :

Les sables sont fins à moyens, transparents à translucides, anguleux à sub-émoussés et ont une bonne sphéricité. Il y a globalement un faible tri granulométrique, on trouve des traces de matière organique et d'argiles.

#### Interprétation :

L'angulosité des grains et le faible tri granulométrique indique un court transport du matériel détritique.

Le matériel détritique pourrait être issu de l'érosion glaciaire et aurait été transporté dans la cavité par un ruisseau ou un torrent souterrain. Etant donné l'emplacement montagnard de la grotte de la Fenêtre 4, il en résulte que le bassin versant de cette grotte est relativement

petit (échelle kilométrique), par conséquent le transport entre zone d'érosion et de dépôt est court.

Le calcaire sénonien étant absent de la stratigraphie au-dessus de la cavité de la Fenêtre 4 (forêt d'Herbouilly), il est envisageable que cette couche ait subi une érosion glaciaire. Les sables auraient ensuite été transportés dans différentes cavités dont la Fenêtre 4 participant à reboucher ses conduits lors du recul de l'actif.

Une étude plus poussée de ses sables ainsi que de ceux de grotte roche pourrait amener des réponses plus claires sur leurs origines.

## Conclusion

---

Fenêtre 4 est une cavité créée pendant la période quaternaire au profit de deux joints de strate principalement et d'une fracture située à cet endroit. L'étude observationnelle de ses formations géologiques et de sa topographie, conforte l'hypothèse d'un creusement en régime noyé puis semi noyé (par érosion régressive). L'écoulement de l'eau se faisait en direction des gorges de la Bourne. L'étude des sables de la "galerie des obstinés" comparable à celle de la "galerie inférieure" suggère un creusement synchrone de ces deux galeries par une alimentation commune. Celles-ci se sont probablement ensablées lors du retrait de l'actif vers grotte Roche puis Goule Verte.

Lors de la rédaction de ce mémoire, je me suis heurté à de nombreuses inconnues! La synthèse d'informations complexes sur la géologie puis l'hydrologie, est le préalable nécessaire à la bonne compréhension de la création d'une cavité. Une recherche scientifique précise et complète permet d'étayer des hypothèses, que des tests peuvent conforter et aboutit parfois à de vraies découvertes en pratique. Avec ce mémoire de cavité, j'ai ressenti à mon échelle, cette palpitante aventure, qui anime bon nombre de spéléologues (la recherche de "la première").

Au fur et à mesure de l'avancement de ma rédaction, je me rends compte des nombreuses autres observations qu'il faudrait faire pour avancer dans les hypothèses de creusement et de relations entre les grottes de ce réseau (grotte Roche, Goule Verte, grotte du Four, Fenêtre 4). Initialement, une étude comparative des sables entre Fenêtre 4 et les sables de la salle de la Persévérance de grotte Roche a été envisagée d'après les résultats du stage scientifique. Cependant ce travail n'était pas possible rétrospectivement du fait d'une faible comparabilité technique. Des études ultérieures menées dans ce sens serviront à conforter nos hypothèses (composition et origine des sables).

Arrivé depuis peu sur le Vercors, où j'ai démarré une activité indépendante en Spéléologie, c'est avec grand intérêt et plaisir que j'ai rédigé ce mémoire. Réaliser ce travail fût pour moi intéressant et intéressé pour mes explorations actuelles et futures.

J'ai choisi de passer le brevet d'état de spéléologie car j'affectionne particulièrement le milieu et qu'il permet une vraie approche pédagogique de la Géologie au sens large tout en alliant à une activité ludique et de découverte.

# Bibliographie

---

- AUDETAT Maurice** Notions de géologie, géomorphologie et hydrogéologie à l'usage des spéléologues [Ouvrage]. - La Chaux-de-Fonds : auspices du département enseignement de l'union Internationale de Spéléologie, 1997.
- CAILLAUT Serge LISMONDE Baudoin** Parcours souterrain en vercors, Grotte Roche, Grotte de la Fenêtre 4 [Ouvrage]. - [s.l.] : CDS Isère et PNR Vercors, 2012.
- CAILLAUT. Serge HAFFNER. Dominique, KRATTINGER. Thierry** Spéléo dans le Vercors [Ouvrage]. - Aix-en-Provence : EDISUD, Avril 1997. - Vol. Tome 1.
- CHAFFY Patrice BRET Jean-Louis , LEPRETRE Bernard**, Grotte de la Fenêtre 4 : Réseau des obstinés [Article] // Scialet N°31 / éd. l'Isère Comité départemental de Spéléologie de. - 2002. - p. 51.
- CHANTEPIE Sebastien** Mémoire de cavité grotte roche [Rapport]. - 2008.
- CHIRON Maurice** Connaissance et découverte du vercors souterrain DE LA BOURNE A HERBOUILLY [Ouvrage]. - Romans : BRUNNER, 1978.
- Climatologie [En ligne]. - parc naturel du vercors, 27 07 2013. - 23 08 2013. - [http://parc-du-vercors.fr/fr\\_FR/la-connaissance-1110/climatologie-1382.html](http://parc-du-vercors.fr/fr_FR/la-connaissance-1110/climatologie-1382.html).
- COLLIGNON Bernard** Spéléologie Approches scientifiques [Ouvrage]. - Aix-en-provence : Edisud, 1988. - p. 58 (3.6.5 Microformes).
- CORBEL Jean et karstique Marmites de géants et microformes** [En ligne] // Norois. N°38, 1963. Avril-juin 1963. pp. 121-132.. - Avril - juin 1963. - 15 09 2013. - [http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/noroi\\_0029-182X\\_1963\\_num\\_38\\_1\\_1426](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/noroi_0029-182X_1963_num_38_1_1426).
- COUDENE Maud** [www.insee.fr/rhone-alpes/publications](http://www.insee.fr/rhone-alpes/publications) [En ligne] // insee. - Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques, 20 juillet 2011. - 23 08 2013. - [http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref\\_id=17728](http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=17728). - N° 148 - juillet 2011.
- DELANNOY Jean-Jaques** Recherche géomorphologique sur les massifs karstiques du vercors et de la traversée de Ronda // Les apports morphogéniques du karst. - grenoble : Laboratoire de la Montagne Alpine (CNRS LAMA ESA 5038), janvier 1997. - p. 706.
- DUTEL Olivier** Traversée Grotte Roche - Fenêtre 4 [Article] // Scialet N°38. - 2009. - p. 24.
- FAURE Herve** Etude de cavité Grotte de la Fenêtre 4 [Rapport]. - 2006.
- FOURGOUS Barnabé** Etude de cavité grotte du Four supérieur [Rapport]. - 2004.

Géoportail [En ligne]. - l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN), 2012. - septembre 2013. - <http://www.geoportail.gouv.fr>.

**GUIDON Maurice** geol-alp [En ligne] // geol-apl. - juillet 1998. - <http://www.geol-alp.com/>. - mis à jour en septembre 2013.

**Infoterre** <http://infoterre.brgm.fr/> [En ligne]. - Bureau de Recherche Géologique et Minière, 2010. - 2013. - <http://infoterre.brgm.fr/>.

**TROMBE F.** Que sais-je? La spéléologie [Ouvrage]. - Vendôme : Presses Universitaires de France, 1956.

**VEILLET Bruno** futurascience [En ligne]. - futura science, 28 12 2007. - 13 sept 2013. -

<http://www.futurasciences.com/magazines/sciences/infos/dossiers/d/geographie-balade-vercors-765/page/2/>.

# Table des figures

---

1 - Carte de France - Google Map	6
2 - Carte région - Google Map	6
3 - Cartes communes – Géoportail	7
4 - Zonage du Vercors - Wikipédia	7
5 - Températures et précipitations moyennes à Villard de Lans	8
6- Echelle stratigraphique simplifiée - spéléo dans le Vercors T. Krattinger, D Haffner, S Caillault	13
7 - Colonne stratigraphique du Vercors - Geol-alp.com	14
8 - Carte Géologique simplifiée du Vercors - Géol-alp.com	15
9 - Carte géologique Simplifiée Bourne amont - Géol-alp.com	16
10 - coupe simplifiée des gorges de la Bourne amont - geol-alp.com	18
11 – Enfouissement des gorges de la Bourne – JJ. Delannoy	19
12 - Schéma structural des principaux plis et failles Anté-Miocène du Vercors - H. Arnaud 1981 – geol-alp.com	21
13 - Schéma structural des principaux plis et failles Post-miocène du Vercors - H. Arnaud 1981 – geol-alp.com	22
14 - Topographie - mars 2003 par Bernard Leprêtre, Jean Louis Bret et Patrice Chaffy	25
15 - Croquis de situation - Fenêtre 4, Grotte Roche, grotte du Four (Sup. et Inf.) Goule Verte	25
16 - illustrations et report planimétrique des cavités connues a proximité de Fenêtre 4 – Etude Hydrologique - Stage Equipier Scientifique du 4 au 8 juillet 2012	30
17 - Coupe des sables – "galerie des obstinés"	40
19 B – Couche N°1 - réaction à l'acide	41
19 A – Couche N°1 - granulométrie	41
21 A – Couche N° 2 - Granulométrie	41
21 B – Couche N° 2 - réaction à l'acide	41
23 B – Couche N°3 - réaction à l'acide	42
23 A – Couche N°3 - granulométrie	42
25 A – Couche N°4 granulométrie	42
25 B – Couche N° 4 - réaction à l'acide	42
27 B – Couche N° 5- réaction à l'acide	43
27 A – couche N° 5- granulométrie	43
29 B - Couche N° 6 - réaction à l'acide	43
29 A – Couche N°6 - granulométrie	43

30 - Mode de transport des particules dans un courant - Une introduction aux processus sédimentaires - Université de Liège 2011	44
31 - Diagramme de Hjulström - Une introduction aux processus sédimentaires - Université de Liège 2011	44
32 - Comparaison des débits des deux galeries ensablées de Fenêtre 4	45
33 - hypothèse de formation de la "galerie Favot"	47
34 - Hypothèse 1	48
35 - Hypothèse 2 - 3	48
36 - Hypothèse 4	49
37 - Section A-A'	50
38 - Section D-D'	50
39 - Hypothèse du régime de la cavité	52

## Table des Photographies

---

Image 1 – "galerie Favot" - partie Nord	32
Image 2 - "galerie Favot" partie déclive	33
Image 3 - Arche "galerie Favot"	34
Image 4 - Arche et traces de remplissage au plafond	34
Image 5 – "galerie Favot", deuxième partie	35
Image 6 – "galerie Favot" troisième partie – A Brigant	36
Image 7 - Coups de gouge, "galerie des marmites"	37
Image 8 – "galerie des marmites" - A Brigant	38
Image 9 – "galerie des marmites" vue du fond - A. Brigant	38
Image 10 - Entrée de la "galerie des obstinés" - A. Brigant	39
Image 11 - Comparaison des Coupe de sable réalisées à gauche dans la "galerie des obstinés" en 2013 et à droite dans la "galerie inférieure" en 2012 (stage scientifique)	46