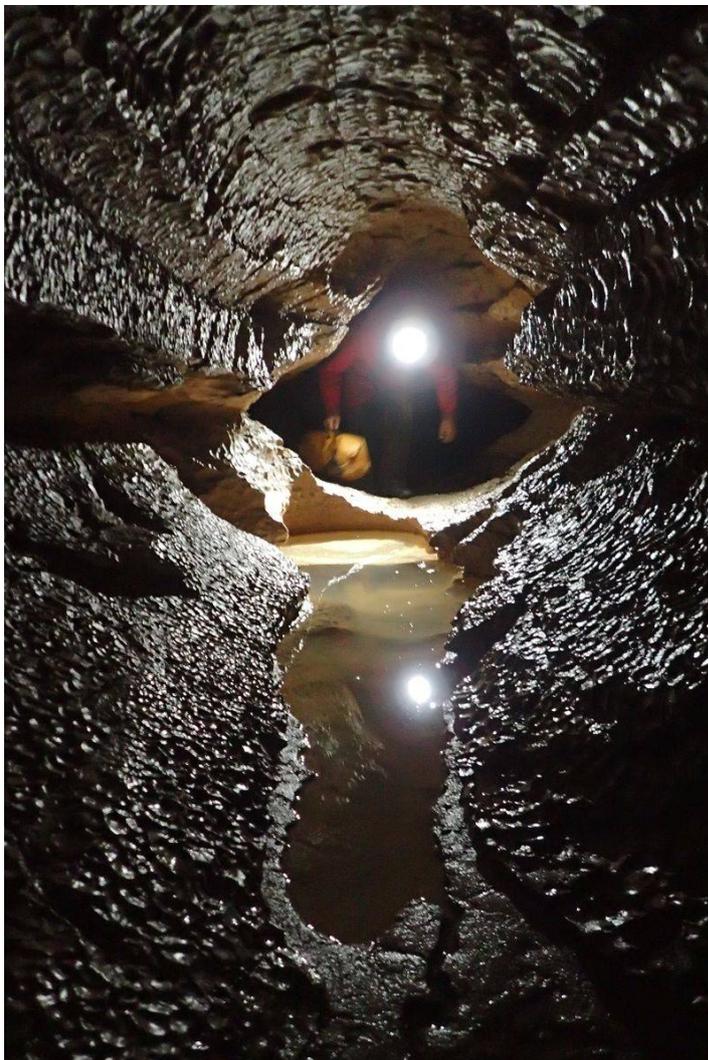


# Stage M2, du 10 au 15 octobre 2021

## Trou du vent, Bouzic (24)



# Participants au stage

## Cadres

Marie-Clélia Lankester (organisatrice)  
Judicaël Arnaud (responsable de la formation moniteur)  
Olivier Caudron (CTN)  
Alexandre Zappelli (Instructeur)  
Bernard Lebreton (formateur)  
Jean-Louis Thomaré (formateur en cursus instructeur)  
Harry Lankester (formateur en cursus instructeur)

## Intervenants extérieurs

Jean-Paul Liégeois (géologue)                      Thierry Félix (spéléologue local)  
Joël Trémoulet (géologue)                      Guillaume Perais (CDESI)  
Philippe Galant (archéologue)



## Stagiaires

Mélanie Lepenant                                      Jean-Luc Zinszner (cursus moniteur)  
Paul Cordier (cursus moniteur)                      Angélika Nodari  
Christophe Duval                                      Pascal Mathellier  
Alexandra Rolland (cursus moniteur)                      Sophie Front  
Félix Nilius    Edouard Dessaint (cursus moniteur)  
Olivier Réau    Vincent Verdon (cursus moniteur)  
Elisa Vallet (stagiaire GPN CDS 07)                      Patrick Rousseau

# Table des matières

<b>1 Introduction.....</b>	<b>5</b>
1.1 Historique des explorations.....	5
1.2 Situation.....	5
1.3 Éléments de géologie.....	5
1.4 Objectifs du stage.....	6
1.5 Programme des conférences.....	6
<b>2 Analyse des enjeux et documentation de la cavité.....</b>	<b>7</b>
2.1 Introduction.....	7
2.2 La fiche de description de cavité.....	7
2.3 Description de la cavité et résultats obtenus.....	8
2.3.1 Description des zones.....	8
2.3.2 Analyse des enjeux.....	14
2.4 Conclusion et préconisations.....	15
2.4.1 Biospéléologie.....	15
2.4.2 Spéléothèmes.....	15
2.4.3 Impacts anthropiques.....	15
2.5 Perspectives méthodologiques.....	16
<b>3 Topographie.....</b>	<b>17</b>
3.1 Contexte.....	17
3.2 Définition d'une topographie.....	18
3.3 Instruments.....	18
3.4 Méthode.....	18
3.5 Logiciel et calculs.....	19
3.6 Mise au propre (Plan, Coupe, Habillage).....	20
3.7 Rendus.....	20
3.7.1 Les minutes topos.....	20
3.7.2 Les squelettes du plan et de la coupe.....	20
3.7.3 Une vue 3D.....	22
3.7.4 Les scans des dessins de l'habillage.....	22
3.7.5 Report du plan sur fond cartographique.....	23
3.8 Suite du travail (assemblage, dessin... ).....	24
3.9 Organisation journalière.....	25
<b>4 Hydrogéologie.....</b>	<b>26</b>
4.1 Objectifs de l'étude.....	26
4.2 Méthodologie et matériel utilisé.....	26
4.2.1 Traçage à la fluorescéine.....	26

4.2.2	Mesure de débits par dilution au sel.....	27
4.3	Compte rendu journalier.....	27
4.4	Résultats de l'étude.....	35
4.4.1	Suivi manuel des conductivités et températures.....	35
4.4.2	Mesures de débits.....	35
4.4.3	Restitution du traçage artificiel.....	36
4.4.4	Suivi de fréquentation.....	37
4.4.5	Évolution de la turbidité à la résurgence.....	37
4.5	Interprétations.....	38
4.6	Conclusions.....	39
4.7	Références.....	39
<b>5</b>	<b>Biospéléologie.....</b>	<b>40</b>
5.1	Espèces connues avant le stage.....	40
5.2	Méthodes.....	41
5.3	Espèces rencontrées lors du stage.....	41
5.3.1	Les bactéries.....	42
5.3.2	Les champignons.....	42
5.3.3	Les plantes.....	43
5.3.4	Les invertébrés.....	44
5.3.5	Les vertébrés.....	49
5.4	Liste provisoire des espèces connues du milieu souterrain du Trou du Vent.....	50
5.5	Annexes.....	54
5.5.1	Fiche de tri.....	54
5.5.2	Clé d'identification faune du sol.....	55
<b>6</b>	<b>Mesures de CO2.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>Préconisations.....</b>	<b>57</b>
7.1	Analyse des enjeux et documentation de la cavité.....	57
7.2	Topographie.....	57
7.3	Hydrogéologie.....	58
7.4	Biospéologie.....	59

# 1 Introduction

La grotte du Trou du Vent à Bouzic (24) est une vaste cavité karstique du Causse de Florimont. Les galeries reconnues actuellement font 12km, mais des parties du réseau sont encore à explorer. Il s'agit de la cavité la plus longue de Dordogne.

Elle comporte 2 entrées connues : le **Trou du Vent** lui-même, accessible par un puits de 13 mètres et par l'exsurgence de l'**Oeil de la Fontaine**, située à Bouzic dont l'accès se fait uniquement en plongée.



Photo 1: Exsurgence - l'Oeil de la Fontaine

## 1.1 Historique des explorations

Le trou du vent à Bouzic aurait été découvert en 1900.

La première topographie connue date de 1949, la seconde de 1970, qui semble inspirée de la première. Un plan global du réseau a été établi en 1995.

En 1981, le siphon de la fontaine est franchi (247 mètres de longueur à -11 mètres de profondeur). Il jonctionne avec la cavité par le réseau Morillon.

En 1995 la surfréquentation, dont les safaris guidés rémunérés, ont conduit la municipalité à interdire l'accès à la cavité.

Après accord de la mairie, les spéléologues locaux ont pu reprendre les explorations depuis quelques années.

## 1.2 Situation

Commune de Bouzic, Dordogne (24)

Coordonnées UTM31 du Trou du vent : X = 359.100 Y = 4953.300 Z = 175

Coordonnées UTM31 de la Fontaine : X = 358.765 Y = 4953.589 Z = 123

## 1.3 Éléments de géologie

L'alimentation principale du réseau s'effectue, au sud comme à l'ouest, par des chapelets de dolines qui s'ouvrent dans les calcaires du Jurassique. La cavité se développe dans le calcaire du tithonien.

## 1.4 Objectifs du stage

Ce stage s'inscrit dans le cadre de la formation équipier environnement, à la fois ouverte à tous les pratiquants et faisant également partie du cursus moniteur de l'École française de Spéléologie.

L'objectif est de former les pratiquants et les cadres à une démarche de documentation du milieu afin de participer à la connaissance, à la protection et à la pérennisation de l'accès aux sites de pratique.

Le Trou du vent recèle des formes géologiques et de spéléo-thèmes remarquables. Lors de sa fermeture, liée entre autres à sa sur-fréquentation et aux nombreuses dégradations relevées, il a fait l'objet d'une réflexion de la part des spéléologues sur son possible classement au titre de Site afin de permettre sa réouverture et sa conservation. Cette démarche n'a finalement jamais abouti mais l'accès au Trou du vent est désormais à nouveau possible et la question de sa conservation se pose toujours.

Au début du stage, un spéléo local, Thierry Félix, nous a présenté le réseau du Trou du Vent et la topographie du réseau datant de 1982. Il nous a précisé la demande de documentation de la cavité attendue par les spéléos locaux (Documentation, topographie, hydrologie et biospéologie).

Ces éléments devraient apporter une base de connaissance permettant de prendre les mesures de protection nécessaires tout en permettant au spéléologues de poursuivre leurs explorations.

## 1.5 Programme des conférences

Des apports en connaissance ont été faits aux stagiaires, chaque jour, en début et en fin de journée.

Jour	Exposé ou visite	Intervenant
<b>Dimanche 10 octobre</b>	A la découverte de la géologie locale : Conférence et visite sur le terrain	<i>Jean-Paul Liégeois</i>
	Hydrogéologie locale	<i>Joël Trémoulet</i>
<b>Lundi 11 octobre</b>	Les bases de la karstologie et la géomorphologie	<i>Alexandre Zappelli</i>
	Contexte réglementaire de la pratique de la spéléologie. Organisation de la spéléologie en espace naturel protégé	<i>Judicaël Arnaud</i>
<b>Mardi 12 octobre</b>	Les espaces naturels	<i>Marie-Clélia Lankester</i>
	Introduction à la bio-spéléologie	<i>Bernard Lebreton</i>
<b>Mercredi 13 octobre</b>	Les CDESI	<i>Guillaume Perais</i>
	Biologie, écologie et apport des instances fédérales en matière de connaissance et de préservation des chiroptères	<i>Marie-Clélia Lankester</i>
<b>Jeudi 14 octobre</b>	Archéologie souterraine	<i>Philippe Galant</i>
	Visite du Pôle International de la Préhistoire	<i>Le personnel du Pôle</i>
	Enseignement de la spéléologie scientifique	<i>Harry Lankester</i> <i>Jean-Louis Thomaré</i>

## 2 Analyse des enjeux et documentation de la cavité

**Encadrants** : Marie-Clélia et Harry Lankester

**Stagiaires** : Jean-Luc Zinszner, Sophie Front, Eliza Vallet, Mélanie Lepenant

### 2.1 Introduction

Dans le cadre de la ré-ouverture et de la conservation de la cavité, l'objectif de notre groupe est d'apporter des éléments d'interprétation du Trou du vent à travers l'utilisation d'une méthode de description de cavités. Cette description doit permettre de mettre en lumière des éléments remarquables qui pourraient justifier des actions de prévention ou de conservation et d'être force de propositions pour les spéléologues et les acteurs gestionnaires de la cavité.

### 2.2 La fiche de description de cavité

La méthodologie de description de cavité a été créée par la Réserve Naturelle Nationale des Gorges de l'Ardèche (RNNGA) il y a quelques années. La mise en place de ce protocole expérimental descriptif a, depuis lors, été testé par la réserve elle-même, le CEN Auvergne Rhone Alpes et le CDS Ardèche et par les stagiaires de précédents stage équipier-environnement organisés par la FFS. Chaque utilisation a permis l'évolution de l'outil qui se voudrait, à terme, assez complet et efficace pour être utilisé, de façon reproductible, dans tout type de cavité et assez puissant pour faire apparaître des « zones à enjeux » de conservation. La validation de ce protocole permettrait sa valorisation au sein des institutions en lien avec la conservation du milieu souterrain et de reconnaître l'expertise des spéléologues et leur indispensable place d'intermédiaire dans la protection du milieu souterrain.

Les éléments relevés dans la méthode de description portent sur cinq points d'intérêts : la spéléogénèse, les spéléothèmes, la biospéléologie, l'activité hydrologique et les impacts anthropiques. Chaque thématique est composée de multiples indices pour lesquels un décompte est réalisé (Tab. 1).

Type	Dépôts	Présence (indénombrable)	Densité ( <i>préciser la partie</i> )				Etat (Cassé)	Remarques
			Rare (nombre) 1 à 10	Commun 10 à 50	Abondant 50 à 100	Très abondant + de 100		
Chimique	Stalactite							
	Stalagmite							
	Colonne/pilier							
	Cascade							
	Disque de calcite							

Tableau 1: Exemple de relevé d'indices de types spéléothèmes

Pour être pertinente, cette méthode ne peut être appliquée que sur des zones homogènes de la cavité qu'il nous a fallu identifier au préalable. Après identification des portions de cavité il nous a fallu tester l'utilisation de la fiche de description en équipe. Nous avons finalement opté pour une répartition des tâches entre les membres de l'équipe avec une thématique traitée par une ou deux personnes dans chaque zone. Une première reconnaissance de la zone permet tout d'abord d'aborder celle-ci de façon globale avant de remplir scrupuleusement la fiche de description et de l'accompagner d'un texte descriptif. De retour en salle, cette fiche nous permet d'attribuer une valeur à chaque élément en fonction de son abondance (absent = 0 ; rare = 1 ; commun = 2 ; abondant = 3, très abondant = 4). L'attribution de ces notes nous permet ensuite d'obtenir une valeur globale pour chaque grande thématique puis de faire apparaître l'importance

des enjeux liés à chaque zone et l'importance des impacts anthropiques. Un intérêt secondaire était ici de vérifier la pertinence de la fiche et de vérifier que les résultats obtenus en termes d'enjeux étaient comparables aux observations de terrain.

Il est à noter que les données biospéléologiques ont été traitées de façon exhaustive par l'équipe dédiée. Ces données n'ont donc été traitées que partiellement par notre équipe et doivent être complétées par les données recueillies par l'équipe Biospéléologie.

## 2.3 Description de la cavité et résultats obtenus

Nous présentons ici les résultats de notre étude par zone homogène étudiée (Fig. 1). Dans le temps imparti, six zones ont pu faire l'objet d'une description. Ces résultats sont composés des notes prises en parallèle du remplissage de la fiche de description de cavité et des valeurs obtenues suite à l'analyse des données relevées.

### 2.3.1 Description des zones

**Zone 1 :** Aven d'entrée → Effondrement partie basse de la galerie d'entrée

La zone 1 est définie par la zone d'entrée de la cavité. Elle démarre du puits d'entrée et s'étend sur 20 m, jusqu'à une zone d'effondrement du plafond au bas de la première galerie. C'est une zone fossile présentant toutefois quelques suintements et de la condensation sur les parois. Le passage à une galerie plus sèche et le changement d'azimut en fin de section ont motivé le choix de cette zone.



Photo 2: zone 1. galerie d'entrée

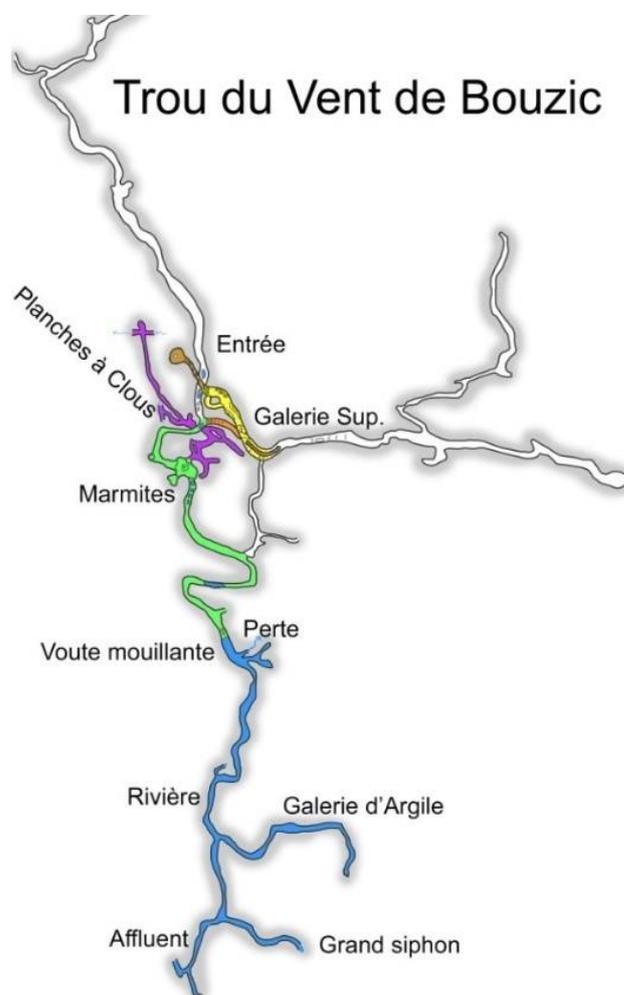


Figure 1: Découpage en 6 zones

Le puits d'entrée est situé à l'intersection de deux fractures dont la seconde est dans l'axe de la galerie d'entrée. À la base du puits, le sol est constitué de blocs d'effondrements qui sont en continuité avec le cône d'éboulis formant le sol au profil descendant de la galerie d'entrée (Photo 2). Une coulée stalagmi-

tique active alimente un écoulement dont le débit a été évalué à 6L/h (au 12/10/2021) et qui serpente dans la galerie d'entrée avant de se perdre sous les blocs d'effondrement.

La zone présente trois banquettes, reliquats d'anciens niveaux de sols, dont deux remarquables par leur longueur. Une dizaine de coupoles sont également visibles.

Les spéléothèmes observés dans la galerie sont composés de nombreux choux-fleurs sur les deux parois, de quelques minuscules aiguilles, supposées en calcite, et de trois géodes de calcite érodées laissant apparaître de jolis cristaux.

**Biospéléologie** : Une faune assez classique mais pas très nombreuse est observée (diptères, brachycères et nématocères), une salamandre tachetée, un triton marbré et un autre triton sp. Deux diplopodes polydesmides, un nombre important de bactéries (elles sont asséchées au niveau du puits). Un hyménoptère (Ichneumonidae) vivant. Des diplopodes *Trachysphera lobata* sont trouvés sous du bois mort. De nombreux phryganes, certainement deux espèces différentes car deux tailles clairement différentes. Plusieurs araignées de la famille des Lyniphidae sont présentes avec des cocons de reproduction ainsi qu'une *Metellina merianae*. La présence de lépidoptères est notée : deux *Triphosa dubitata* et un *socliopteryx libatrix*. sont présents en bas du puits ainsi qu'un crapaud épineux (déterminateur : Olivier Peyronel).

**Impacts anthropiques** : L'extérieur du puits d'entrée est marqué par la présence d'une « chèvre » métallique en fixe, qui évite tout équipement de la paroi. Deux spits anciens recouverts de mousse sont présents en tête de puits ainsi qu'une chaîne métallique d'environ 30 cm. Il y a très peu de déchets anthropiques en bas du puits (quelques morceaux de tissus, papier). Quelques troncs d'arbres morts sont présents ainsi que des feuilles tombées du puits. La galerie d'entrée comporte également quelques morceaux de bois mort (source de nourriture pour la faune cavernicole présente). Le passage des spéléos entraîne un piétinement du sol et notamment de l'écoulement d'eau, dans la galerie d'entrée. De nombreux graffitis et autres traces d'acétylène sont visibles sur les parois.

### **Zone 2** : Effondrement partie basse de la galerie d'entrée → Départ supérieur de l'Ascenseur

La zone 2 (Photo 3a) fait suite à la zone 1 et se termine à la partie supérieure de l'Ascenseur, au croisement avec la galerie des chauves-souris. C'est une zone fossile, sèche, formée d'une salle avec un sol sableux recouvert de nombreux blocs d'effondrement et un réseau de grandes galeries anastomosées aux plafonds. Ces galeries supérieures indiquent au moins deux étages d'écoulement et sont formées de grands coupoles particulièrement remarquables. La décompression des plafonds est marquée par la séparation de strates. Un soutirage s'ouvre au sol de la salle tandis qu'une ancienne coulée de calcite, érodée, est encore partiellement visible sur une paroi. Mis à part cette coulée, cette zone est généralement pauvre en concrétions, seuls quelques veines de calcites, de petites géodes et quelques choux-fleurs sont visibles. Une brèche est visible en paroi (Photo 3b).



Photo 3: zone 2. a) aperçu de la galerie ; b) brèche sur paroi

Des banquettes d'argile sèche, fine et varvée sont disposées de part et d'autre de la galerie menant à l'Ascenseur. L'ensemble indique un fonctionnement du réseau en actif et semi-actif déjà très ancien. Le plafond de cette zone, blanc, fin et friable semble touché par une forte corrosion.

Biospéléologie : Quelques phryganes sp. vivants sont observés ainsi que de très nombreux morts. Du guano est éparpillé tout au long des galeries, signe de passage de chauves-souris. Quelques petit tas anciens sont présents.

Impacts anthropiques : De nombreux déchets sont présents dans cette zone, notamment dans la galerie supérieure qui a dû servir de salle de bivouac (huit spits rouillés dans les parois, quelques piles, boîtes de conserves et dépôt de carbure sont dans un recoin). Dans le reste de la galerie, plusieurs graffitis, traces d'acétylène et quelques marquages de flèches rouges sur les parois sont relevés.

### **Zone 3** : Départ supérieur de l'Ascenseur → Table à manger

La zone 3 débute de la partie supérieure de l'Ascenseur et s'étend jusqu'à la Table à manger. C'est une zone fossile correspondant à un important méandre de surcreusement présentant une forte érosion. Dans sa première partie les parois sont recouvertes de calcite et le sol est recouvert d'argile dessiquée et de sable. Quelques petits choux-fleurs sont observés au sol, en bas du méandre.

Biospéléologie : Aucune faune vivante n'est observée dans cette partie sèche de la cavité. Quelques phryganes et un diplopode morts sont notés. De rares restes (métatarse et métacarpe) d'un mammifère de taille moyenne type renard ou blaireaux ont été retrouvés cachés au sol du méandre. L'animal est probablement tombé dans la cavité avant d'aller mourir à l'abri.

Impacts anthropiques : Sous la banquette, en bas de l'Ascenseur, de nombreux déchets (piles, plastique, morceaux de fils de fer) sont retrouvés au même endroit que les os de mammifère. Tous ces déchets sont probablement les restes des dépollutions passées. De nombreuses traces d'acétylène et de graffitis sont également présents.

Prélèvements : Un morceau du méandre a été prélevé au bas de l'Ascenseur : Z3.1.

### **Zone 4** : Table à manger → Voûte mouillante

La zone 4 correspond à la branche amont de la cavité en partant de la Table à manger jusqu'à la voûte mouillante. C'est une galerie plutôt sèche dans sa première partie, qui devient semi-active à partir des Marmites et de l'intersection avec la galerie des Planches à clous. Cependant ces deux parties semblent correspondre à une seule et même galerie qui se serait effondrée au niveau de la partie supérieure des Marmites.

La galerie débute par une partie relativement sèche, composée d'une zone sableuse agrémentée d'une vasque d'eau et où le plafond est relativement bas. Elle est recoupée par endroits de cheminées et de puits présentant des suintements et une coulée stalagmitique. La galerie se dédouble ensuite localement. À gauche, en venant de la Table à manger, une imposante cheminée présente une grande coulée de calcite. À sa base, un gour remarquable se compose de nombreux choux-fleurs avec une grande diversité de taille.

La partie droite présente deux coulées de calcites, dont une, fragile, s'étendant sur le plancher sableux. Un ancien Topofil recouvert de calcite est figé en son centre. La seconde partie de cette galerie amont est semi-active et doit présenter un écoulement lors des mises en charge de la rivière. Elle présente des coups de gouges sur toute sa longueur (Photo 4a), au sol et sur les parois, en direction de l'aval et des Planches à clous. D'abondants suintements et des cannelures sont présents sur les parois (Photo 4b). Le sol est recouvert de sable au niveau de la voûte mouillante, mais l'essentiel du sol de cette partie de galerie est formé du calcaire à nu parfois recouvert de galets plus ou moins ferrugineux. La partie aval présente une concentration de marmites remplies d'eau (Photo 5a) et de galets. Certaines présentent de la calcite flottante. En remontant vers l'amont, plusieurs banquettes sont observées dont une présentant un profil remarquable (Photo 5b). Son processus de formation est notamment attesté par une ancienne marmite au-

aujourd'hui éventrée, contenant de gros galets et présentant de nombreux choux-fleurs sur ses parois. Un reste de géode de calcite et de nombreuses veines de calcite sont également observables sur les parois tandis qu'un gros cristal de calcite est visible au plafond (proche du Shunt). Un peu plus loin s'est effondré un imposant bloc de plafond en forme de « tortue » et recouvert de coups de gouges.



Photo 4: zone 4. a) coups de gouges ; b) cannelures

Celui-ci est suivi d'un petit lac peu profond (Photo 5c) et dont le sol est recouvert de choux-fleurs nécessitant une vigilance lors du cheminement. La zone la plus amont est marquée par de grands gours temporairement remplis d'eau pour finir sur une « plage » sableuse avant la voûte mouillante.



Photo 5: zone 4. a) marmites ; b) banquette remarquable ; c) arrière du lac

Sur cette portion de galerie, quelques rares chenaux de surcreusement sont visibles dans des zones d'arrivée d'eau. Trois petites galeries sont colmatées par l'argile sur la périphérie de la galerie principale. Au plafond les coupes et les chenaux de voûtes sont communs tandis que quelques anastomoses sont visibles, notamment à l'amont où un véritable lapiaz de plafond est visible indiquant une histoire paragénétique ancienne.

L'ensemble de ces indices indique un écoulement libre de l'eau lors des montées en charge de la rivière. Celle-ci doit alors se perdre dans les Planches à clous sans emprunter la partie la plus aval de cette galerie.

Enfin, à droite de la Plage, une petite coulée de calcite mène au Bain de Vénus. Cet endroit remarquable est formé par un grand gour rempli d'eau et de choux-fleurs ainsi que d'une très belle coulée de calcite sur la paroi. Cette zone est à protéger impérativement.

Biospéléologie : Aucune observation de faune n'est faite, même dans les gours d'eau avec présence de guano. Deux diptères sont aperçus volants.

Impacts anthropiques : Plusieurs impacts anthropiques sont relevés dans cette zone, comme des traces d'acétylène, présents en nombre dans la première partie, basse de plafond, et des dépôts de carbure au niveau de la Table à manger ainsi que des grosses flèches rouges peintes sur les parois et sur les bords de la rivière. Tout au long de la galerie, de nombreuses fistuleuses ont été cassées. Un morceau de corde pend d'un amarrage dans l'une des cheminées, active. Un morceau de verre et une semelle de chaussure, certainement charriés par des circulations d'eau, sont observés dans la partie semi-active de la galerie. Enfin, de nombreux graffitis sont observables près de la Plage tandis que des traces de doigts et de passage sont visibles dans la galerie argileuse qui part sur sa gauche.

### **Zone 5 : Galerie des planches à clous**

La zone 5 débute de l'entrée des Planches à clous au niveau de la galerie amont pour se terminer au niveau d'un regard sur la rivière (Photo 6a). Les premières dizaines de mètres sont constituées d'une roche « déchiquetée », tranchante et sans forme régulière, qui lui a valu son nom de Planches à clous. Certaines parties hautes montrent d'anciens colmatages d'argile et quelques rares coulées stalagmitiques sont visibles avec des gours remplis de choux-fleurs à leur base. Un remarquable remplissage de petits galets calcités, « le pot de fleurs », est retrouvé suspendu aux planches à clous (Photo 6b). Celui-ci, de belles dimensions (environ 30x20x20 cm) est un élément qui mérite d'être étudié. Un accès bas amène à un réseau de galeries anastomosées. Celle menant à la rivière, de dimensions modestes, présente des coups de gouges sur tout le pourtour indiquant un régime qui peut être noyé et quelques cannelures sur les parois. Des marmites remplies d'eau, parfois profondes, présentent de la calcite flottante en surface et des galets au fond. Elles sont régulièrement creusées et reliées par un surcreusement au sol. Ces indices indiquent un fonctionnement en régime noyé en période de crue. Quelques rares chenaux de voûtes et une quinzaine de coupoles sont présents au plafond ainsi que de nombreuses veines de calcite.



Photo 6: zone 5. a) galerie menant au regard sur la rivière ; b) bloc de galets calcités suspendu dans les planches à clous

Biospéléologie : Aucune observation de faune n'est faite.

Impact anthropique : Plusieurs déchets anthropiques sont présents dans cette zone, comme des morceaux de verre, morceaux de plastique, une pile électrique et une boîte de conserve. Quelques traces d'acétylène sont observées au plafond.

### **Zone 6 : Voûte mouillante → Siphons amonts**



Photo 7: zone 6. rivière

La zone 6 débute à la voûte mouillante pour se terminer au niveau des deux siphons amont de la rivière. C'est une partie active correspondant au collecteur du réseau (Photo 7). Une voûte mouillante (ou siphon désobstrué) permet de retrouver l'actif qui se perd en rive droite. Le début est marqué par une cascade sur coulée de calcite. Après quelques mètres, une importante trémie est visible au plafond le long d'une fracture indiquant la présence probable d'un vide au niveau des plafonds. La suite se compose d'une galerie de section homogène d'environ 4x4 m avec de nombreuses traces de dissolution (coups de gouge, cannelures, ...). La partie haute est remarquable car marquée par des parois et un plafond formés de brèches contenant des blocs anguleux de tailles variables. Un imposant chenal de voûte méandrique suit la direction de la rivière. Très localement, les strates inférieures présentent un pli bien visible (Photo 8a). À cet endroit, en remontant la rivière, la distance entre le sol et le plafond diminue. Il y a très peu de concrétionnement. Des fistuleuses sont regroupées ponctuellement et une méduse est visible. Le lit de la rivière est recouvert de

calcite sur au moins les deux tiers de la zone. Une strate est semblable à des planches à clous en formation (Photo 8b) ce qui laisse à penser que celles-ci sont formées par dissolution d'un calcaire périphérique plus soluble. L'amont de la rivière est marqué par deux siphons équipés d'un fil d'Ariane correspondant au siphon de la rivière (rive droite) et à celui de son affluent (rive gauche). Le sol de ce dernier est recouvert de sable et de galets. Deux galeries colmatées par de l'argile et en partie désobstruées n'ont pas été explorées ce jour. La première est située en rive droite de la rivière dans sa partie médiane et la seconde se situe à proximité du siphon de l'affluent.



Photo 8: zone 6. a) pli de strates ; b) planches à clous en formation

Biospéléologie : Sept *Caecospheroma* sont observés dans la rivière, quatre sont collectés.

Impacts anthropiques : Quelques rares traces dans l'argile sont observés.

Note : des prélèvements de roches ont été effectués pour analyses ultérieures :

- un prélèvement de planches à clous provenant d'une strate à la partie médiane de la rivière : Z6.1

- un prélèvement a également été effectué dans les planches à clous de la zone aval (non décrite) : Z0.1.

### 2.3.2 Analyse des enjeux

La note attribuée à chaque élément nous permet de faire ressortir certains points d'intérêt et d'interpréter nos données relevées en termes d'enjeux (Tab. 2 ; Fig. 2) pour chaque zone.

ZONE	Biospéléo	Spéléogènes	Spéléothèmes	Hydrologie	Impacts	objets exogènes /équipement	Somme enjeux	Somme anthropisation
1	24	6	11	3	11	0	44	11
2	3	7	9	1	7	2	20	9
3	0	4	7	1	9	0	12	9
4	3	21	23	10	11	1	57	12
5	0	10	9	6	4	0	25	4
6	2	15	10	16	4	0	43	4
TOTAL	24	21	23	16	11	2	57	12

ZONE	Biospéléo	Spéléogènes	Spéléothèmes	Hydrologie	Impact	objets exogènes /équipement	Somme enjeux	Somme anthropisation
1	100,0%	28,6%	47,8%	18,8%	100,0%	0,0%	77,2%	91,7%
2	12,5%	33,3%	39,1%	6,3%	63,6%	100,0%	35,1%	75,0%
3	0,0%	19,0%	30,4%	6,3%	81,8%	0,0%	21,1%	75,0%
4	12,5%	100,0%	100,0%	62,5%	100,0%	50,0%	100,0%	100,0%
5	0,0%	47,6%	39,1%	37,5%	36,4%	0,0%	43,9%	33,3%
6	8,3%	71,4%	43,5%	100,0%	36,4%	0,0%	75,4%	33,3%

Tableau 2: Tableau d'analyse des données du Trou du vent

Les enjeux principaux de la cavité se situent au niveau de la galerie amont (zone 4). Ceci s'explique par l'importante diversité d'indices spéléogéniques, de spéléothèmes et par l'activité hydrologique. Les enjeux sont également importants au niveau de la zone d'entrée (zone 1) riche en faune cavernicole (insectes et chauve-souris en transit) et de la rivière (zone 6) riche aux niveaux spéléogénique et hydrologique.

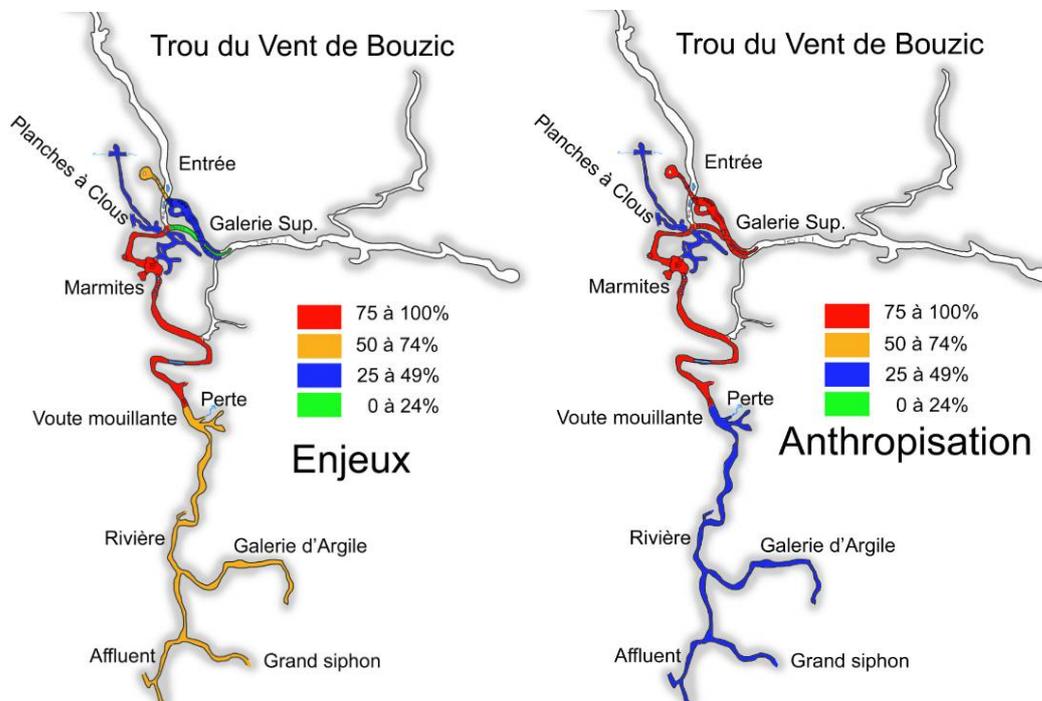


Figure 2: Cartographie de la somme des enjeux et des impacts anthropiques

En termes d'impacts anthropiques, ce sont essentiellement les zones d'accès dans la partie haute de la cavité (zones 1, 2 et 3) qui sont touchées ainsi que la galerie amont (zone 4). Des traces d'acétylène, des graffitis, des dépôts de carbure et divers déchets y ont été observés. Les déchets restent toutefois en quantité « raisonnable ».

## **2.4 Conclusion et préconisations**

L'utilisation de la fiche de description de cavité a permis à notre groupe d'apprendre à mieux distinguer les nombreux indices de formation et d'évolution d'une cavité au cours du temps. Elle nous a également permis de mettre en lumière certains points d'intérêts et des éléments remarquables pouvant être liés à des enjeux de conservation sur les zones étudiées de la cavité. Cependant le Trou du vent étant uniquement ouvert sur demande, nous considérons qu'en l'état actuel des choses, les zones étudiées sont peu à risques de dégradations. Nous proposons cependant quelques préconisations liées aux enjeux repérés.

### **2.4.1 Biospéléologie**

#### **Chauves-souris**

Afin d'éviter tous dérangement pour les Grands Rhinolophes (Rfe) et les Rhinolophes Euryale (Reu) dans la zone d'entrée (zone 1) pendant la période de transit, l'accès à la cavité pourrait être évité pendant le mois d'octobre. La galerie des chauves-souris étant "utilisée par les chauves-souris en hibernation", celle-ci pourrait également être restreinte du 1er octobre au 31 mars afin d'éviter tout dérangement. Concernant la « galerie des chauves-souris » le restant de l'année, elle ne présente pas grand intérêt pour la visite de la cavité et pourrait donc être réservée uniquement aux visites destinées à des études spécifiques. Un panneau pourrait être mis à l'entrée de la galerie, signalant de ne pas y aller pour protection des chauves-souris.

Il serait intéressant d'évaluer l'utilisation de cette galerie par les chauves-souris, aux périodes de transit (printemps/automne) et en période de reproduction (juin-juillet). A cet effet, il pourra être effectué un suivi de la présence ou non des chauves-souris accompagné par les personnes compétentes. Les recommandations pourront être adaptées en fonction des résultats.

#### **Amphibiens/batraciens**

Le bas du puits est fréquenté par des amphibiens et des batraciens qui sont des espèces protégées. Il serait souhaitable de mettre un petit panneau en bas du puits précisant de faire attention de ne pas les écraser ni de les toucher.

### **2.4.2 Spéléothèmes**

Deux zones nécessiteraient d'être protégées par un équipement adapté ou un balisage local. Tout d'abord dans la zone 4 au niveau du dédoublement, préférer le passage du côté de la cheminée remontante pour ne pas dégrader les coulées de calcite présentes de l'autre côté. Cela pourrait être fait par l'intermédiaire d'un balisage fin.

La zone des bains de Vénus est également à protéger : les bains en eux-mêmes mais également la coulée de calcite qui y mène. En effet, à la base de cette coulée, des micro-gours situées sur une zone à fort risque de piétinement nécessitent une attention particulière.

### **2.4.3 Impacts anthropiques**

Des déchets sont présents à plusieurs endroits (dépôts de carbures, morceaux de verre, anciennes piles ou ampoules flash photo, plastiques, boîtes de conserves). Il serait bien de prévoir une opération de nettoyage dans les zones concernées (ascenseur, galerie supérieure, planches à clous). Un nettoyage a déjà été effectué il y a plusieurs années et seuls quelques déchets oubliés sont encore présents.

## 2.5 Perspectives méthodologiques

Les enjeux déterminés par l'utilisation de la fiche de description de cavités semblaient ici cohérents avec les observations de terrains et confortant ainsi l'idée que cette fiche pourrait être utilisée à plus grande échelle pour travailler sur les défis de conservation de certaines cavités. Cependant cette fiche, toujours en expérimentation, nécessiterait d'être encore améliorée car nous avons fait face à un certain nombre de problématiques, qui si elles étaient réglées, pourraient permettre de donner toute sa légitimité à cette fiche dans un cadre institutionnel. Nous présentons ici les éléments qui nous ont posé problème (**P**) et quelques propositions d'amélioration (**S**).

Les principaux problèmes que nous avons rencontrés sont liés à la transcription des données de la fiche de description au tableau d'analyse. Cela concerne essentiellement la transcription de valeurs d'abondance en termes de valeurs d'enjeux.

- **P** : L'abondance d'un élément est traduit en valeur de 1 à 4 dans le tableau d'analyse. Cependant les éléments indénombrables dont on ne note que la présence ou l'absence sont notés par défaut avec une valeur de 1.

**S** : Ces éléments, souvent liés à la spéléogenèse de la cavité pourrait être simplement notés P (présent) ou A (absent) dans le tableau d'analyse et ne pas faire partie de l'analyse des enjeux.

- **P** : L'abondance des éléments dans la fiche descriptive combine à la fois un terme imprécis et des nombres (ex : rare = 1 à 10 ; commun = 10 à 50 ; etc...). Cela peut mener à des problèmes liés à l'hétérogénéité de présence de certains éléments. Ainsi s'il y a des coups de gouges, ceux-ci seront invariablement en très grand nombre et seront donc notés en valeur élevée dans le tableau d'analyse (très abondant = >100 et donc valeur = 4).

**S** : Pour limiter ce biais une solution pourrait être de supprimer les cases liées à l'abondance dans la fiche de description et de remplacer par une seule case dans laquelle serait directement inscrite par l'observateur une valeur allant de 1 à 4 selon l'abondance de l'élément. Cette abondance serait précisée pour chaque élément dans une notice à part.

- **P** : L'attribution d'un nombre pour définir l'abondance d'un élément est également problématique car elle ne prend pas en compte le développement/l'extension de la zone étudiée.

**S** : Si nous reprenons la proposition précédente avec la notice et la définition de l'abondance pour chaque élément, un coefficient de proportionnalité ou un méthode liée à la proportion de la zone concernée pourrait y être adjoint afin de pallier aux problèmes liés à l'hétérogénéité de l'extension des zones étudiées. Par exemple lier l'abondance à la présence de l'élément sur : une zone ponctuelle, <1/2 de la zone, >1/2 de la zone et sur toute la zone.

- **P** : La méthode de relevé par abondance est problématique pour la présence d'éléments remarquables. Parfois un élément remarquable par sa taille (par exemple une banquette limite d'une longueur importante) ou par son caractère exceptionnel (par exemple une coulée de calcite remarquable) sera noté comme « rare » et sa valeur ne dépassera pas 1 alors qu'en termes d'enjeux cet élément correspondrait à une plus grande valeur.

**S** : Ajouter +1 à la valeur d'éléments remarquables.

- **P** : L'abondance en termes de nombres pour la biospéléologie n'est pas pertinente.

**S** : Redéfinir l'abondance pour cette thématique. Préciser la connaissance de l'observateur et le temps d'observation.

# 3 Topographie

**Encadrant** : Judicaël Arnaud

**Stagiaires** : Paul Cordier, Edouard Dessaint, Félix Nilius

## 3.1 Contexte

Au début du stage, un spéléo local, Thierry Félix, nous a présenté le réseau du Trou du Vent et leur «meilleure» topographie du réseau datant de 1982 (Fig. 3).

Celle-ci, si elle est jolie, ne couvre qu'une petite partie du réseau, et comprend uniquement un plan (pas de coupe). De plus, les minutes topos (ie les relevés des distances, azimuts et pentes) ont été perdues.

Thierry nous propose de topographier plusieurs zones qui manquent sur la topographie.

Il existe plusieurs autres topographies (la première datant de 1949, la seconde de 1970 qui semble décalquée de celle de 1949 avec quelques ajouts, et un plan global du réseau de 1995). Voir annexes

Il semblerait que les minutes topo n'aient été conservées pour aucune des topographies. Il n'existait jusque-là aucune coupe du réseau.

Nous disposons donc de deux options :

- Option 1 : Repartir de l'ancien plan et topographier les zones demandées tout en sachant que l'on ne dispose pas des minutes topos.
- Option 2 : Créer une nouvelle topographie en repartant de zéro avec tous les éléments nécessaires pour pouvoir poursuivre la topographie dans de bonnes conditions (conservation des minutes topo sous forme informatique, dessin de la coupe, marquage des points topos principaux)

L'option 2 a été privilégiée en gardant en tête le développement important de la cavité. Ce choix facilitera les futures séances d'exploration et de topographie grâce aux nombreux points topographiques matérialisés et mis en place à des points stratégiques.

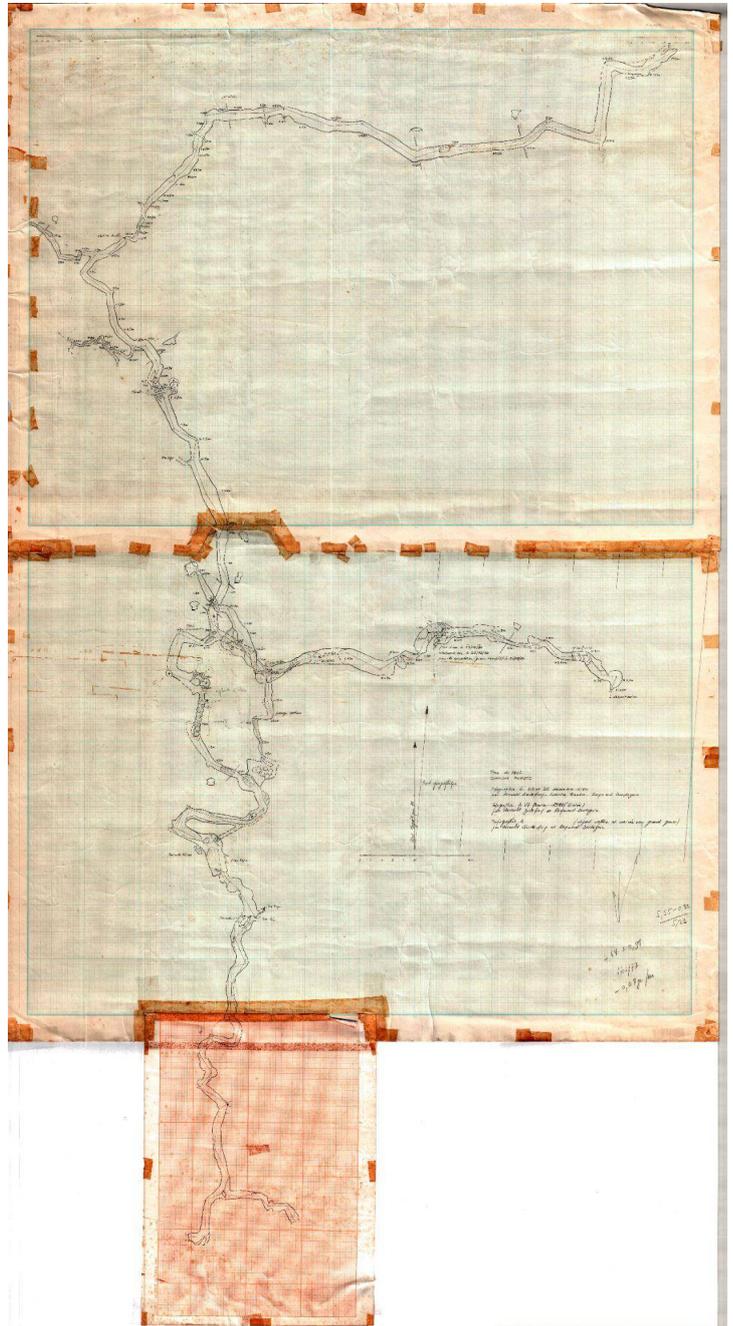


Figure 3: La topographie existante

## 3.2 Définition d'une topographie

La topographie consiste à cartographier une cavité ou un système afin d'en établir un plan ou une coupe. Ce travail offre de nombreux avantages autant pour une visite classique d'un réseau que pour de futures explorations (découverte de nouvelles galeries, jonction avec un autre réseau, ...). Elle permet, en toute logique, d'éviter de s'égarer dans une cavité et d'en découvrir ses plus beaux aspects. Elle facilite également la compréhension de la spéléogenèse et son fonctionnement : géologique, hydrogéologique,...

Il est important de noter que la réalisation d'une topographie ne s'improvise pas. Une bonne communication sur les méthodes de travail, les logiciels utilisés et le travail d'archivage sont les points clés d'une bonne réussite.

Selon les besoins des spéléologues, le choix de l'échelle permettra d'apporter plus ou moins de détails sur l'interprétation de la cavité.

## 3.3 Instruments

Le relevé topographique consiste à mesurer le cheminement d'une cavité en partant d'un point de référence appelé "station" situé à l'entrée du réseau. Le travail consiste ensuite à prendre les mesures de station en station et à poser dans la cavité des "Points Topographiques" (PT) aux carrefours stratégiques. En cas de reprise des explorations, ces points permettront de reprendre la topographie en repartant d'un point précis.

Pour la réalisation de la topographie du Trou du Vent, nous avons utilisé le DistoX comme appareil de mesures (Photo 9a). Ce dernier permet de réaliser trois types de mesures entre deux stations :

- La distance
- L'azimut (direction de la visée en fonction du Nord magnétique ou géographique)
- La pente (angle de la visée par rapport à l'horizontale).

Il faut également mesurer la distance à gauche, à droite, en haut et en bas pour chaque "station" afin de dimensionner la galerie.



Photo 9: Matériel utilisé. a) DistoX ; b) Carnet plastifié

Un carnet topo (Photo 9b) composé de feuilles indéchirables et insensibles à l'eau est également indispensable à la prise de note des données, du croquis et des détails importants de la galerie. Il est impératif d'inscrire sur la première page du carnet le nom de la cavité, son département, les coordonnées de la ou des entrées, la date de la topographie et le nom des topographes.

D'autres instruments peuvent être également utilisés comme le combi Suunto ou le décamètre.

## 3.4 Méthode

La prise de mesure avec le DistoX, qui doit être réalisée minutieusement, est la première étape de la topographie. De nombreuses erreurs sont possibles lors de cette étape, une bonne communication et une bonne écoute sont donc primordiales.

Une équipe de deux spéléologues est souhaitable pour éviter les aller-retour dans la galerie et permet un gain de temps non négligeable. L'équipe appelé "A B" (spéléologue A et spéléologue B) doit définir les rôles ; le spéléologue A s'occupe de la "Prise de mesures" à l'aide du distoX et le spéléologue B s'occupe de la partie "Croquis" avec le carnet topo. L'équipe A B choisit ensemble la première station. B fait le croquis en se déplaçant dans la galerie et choisit une nouvelle station. A prend ensuite les nouvelles mesures et se déplace jusqu'à la seconde station.

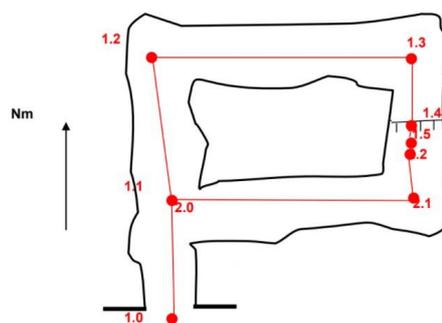


Figure 4: Stations topographiques

Il est important de matérialiser correctement chaque station afin d'éviter d'éventuelles erreurs.

La prise de notes sur le carnet topographique se distingue en deux parties : les mesures relevées et le dessin. Les mesures doivent être écrites sur une page dédiée du carnet et organisées dans un tableau (Fig. 5a). Le dessin du plan et de la coupe doit comporter des indices permettant de se repérer dans la cavité (Fig. 5b). Chaque carrefour ou arrivée de galerie supérieure doit être noté rigoureusement. Des "sites" d'intérêts (biospéléologique, archéologique, spéléothème, ...) et des sections de galerie peuvent également être dessinés.

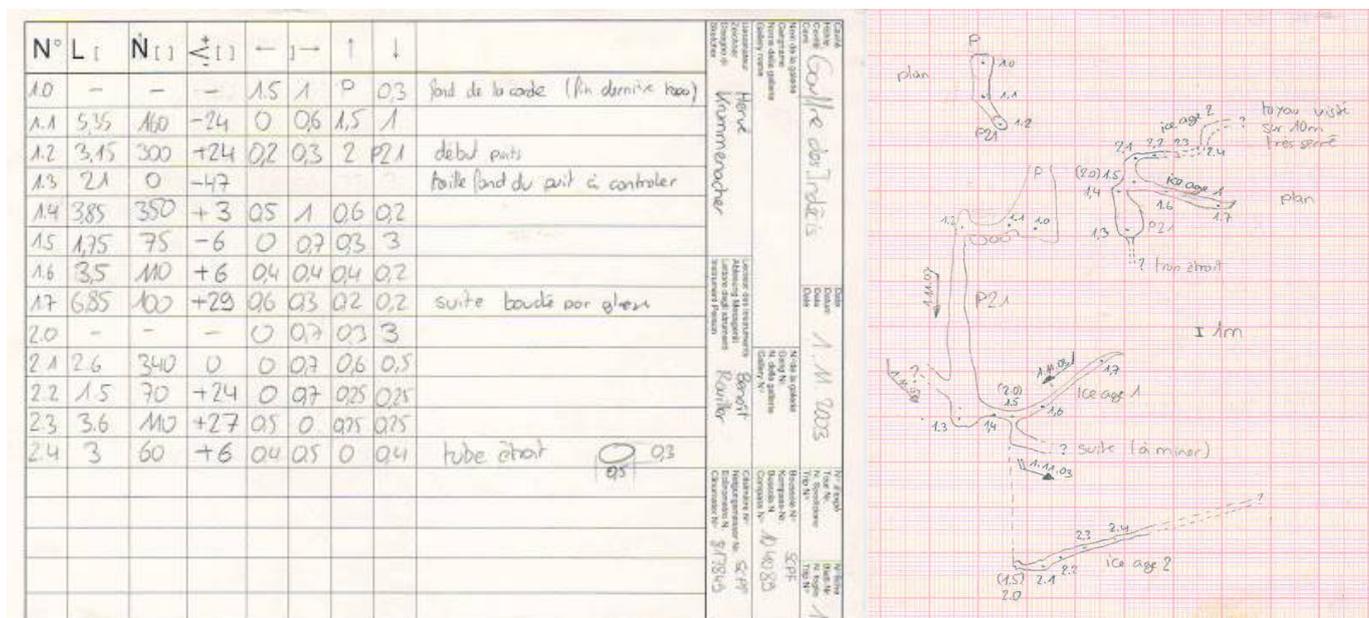


Figure 5: Carnet topo, a) Mesures (station, longueur, azimuth, pente, gauche, droite, haut bas et observations ; b) Dessin

### 3.5 Logiciel et calculs

Suite aux séances topographiques, une bonne pratique consiste à numériser rapidement l'ensemble des données prises sous terre afin d'éviter d'éventuelles erreurs et oublis.

Pour la réalisation de cette topographie, nous utilisons le logiciel VisualTopo. Ce logiciel se distingue par sa facilité d'utilisation. La saisie des données, qui peut-être manuelle ou automatisée, est similaire à la prise de données du carnet topographique.

Une option permet l'exportation des données sur Google Earth ou Géoportail (voir paragraphe 3.7.5).

Cet export permet d'obtenir une autre vision d'un réseau et permet par exemple de travailler sur de potentiels nouvelles entrées ou la jonction de plusieurs réseaux.

	Pt Dép.	Pt Arr.	Dép Topof.	Arr Topof.	Longueur	Direction	Pente	Gauche	Droite	Haut	Bas	I	E	D	S	CP
1	Param	Deca		Degd	Clino	Degd	1.1113	Inv.Inv.Dir	Arr	Std	11/10/2021	A				C
2	8	8			0.00	0.00	0.00									
3	PT1	PT1			0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	1.00	2.00					C
4		1			10.13	155.90	-8.60	5.00	3.00	2.00	2.00					C
5		2			14.80	156.20	-1.00	5.00	2.00	12.00	1.50					C
6		3			10.13	114.20	-11.00	2.00	5.00	1.00	0.00					C
7		4			4.24	123.70	30.70	3.00	2.00	5.00	1.00					C
8		5			19.59	146.30	-20.90	1.00	1.00	4.00	1.00					C
9		6			5.19	114.70	-26.80	8.00	0.00	12.00	1.00					C
10		7			11.67	301.60	-76.30	1.00	2.00		0.00	I				C

Figure 6: Saisie des données dans VisualTopo

### 3.6 Mise au propre (Plan, Coupe, Habillage)

Lorsque les données sont rentrées dans le tableur de Visual Topo, le logiciel réalise les calculs. Nous obtenons alors le “squelette” de la cavité. Il est possible d’ajouter les stations, les PT, les largeurs et les contours de galeries pour faciliter l’étape suivante nommée l’habillage.

L’habillage consiste à reproduire le croquis que l’on a pris sous terre sur papier millimétré afin “d’habiller” avec plus de précisions les galeries. Cette étape peut-être réalisée, manuellement ou par informatique, avec plus ou moins de précisions suivant l’objectif des topographes et les informations qu’ils auront prises pendant la séance de topographie.

Il est préférable “d’habiller” les galeries en utilisant les signes conventionnels de l’UIS (Union International de Spéléologie) afin d’avoir une homogénéisation des topographies.

### 3.7 Rendus

Suite à notre travail, nous avons produit plusieurs documents exploitables que nous transmettrons aux spéléologues locaux et à la commune de Bouzic.

#### 3.7.1 Les minutes topos

Il s’agit des données « brutes » des mesures : longueur, azimut, pente, distance aux parois (gauche, droite, haut, bas) et commentaires.

Ces données sont enregistrées dans un tableur sur le logiciel Visual Topo. Les nouvelles données pourront ainsi être insérées dans ce fichier et permettront d’agrandir le développement de la cavité, de visualiser la grotte sous de nombreux aspects (plan, coupe semi-développée ou projetée, vue 3D, ...), ou de l’exporter en de nombreux formats pour l’exploiter avec d’autres logiciels.

#### 3.7.2 Les squelettes du plan et de la coupe

Depuis VisualTopo, nous avons exporté un squelette de la coupe (Fig. 7) et du plan (Fig. 8), qui peuvent servir de support pour un dessin plus détaillé ou thématique.



Figure 7: Squelette de la coupe



### 3.7.3 Une vue 3D

Visual Topo permet également de générer une vue 3D de la cavité.

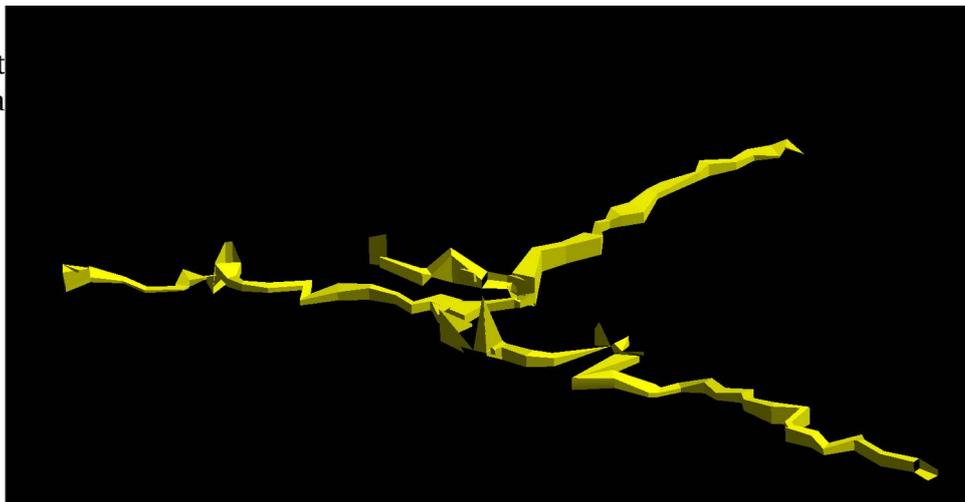


Figure 9: Vue 3D du Trou du Vent

### 3.7.4 Les scans des dessins de l'habillage

Nous avons scanné les 11 feuilles de dessin de l'habillage (6 pour la plan, 5 pour la coupe).

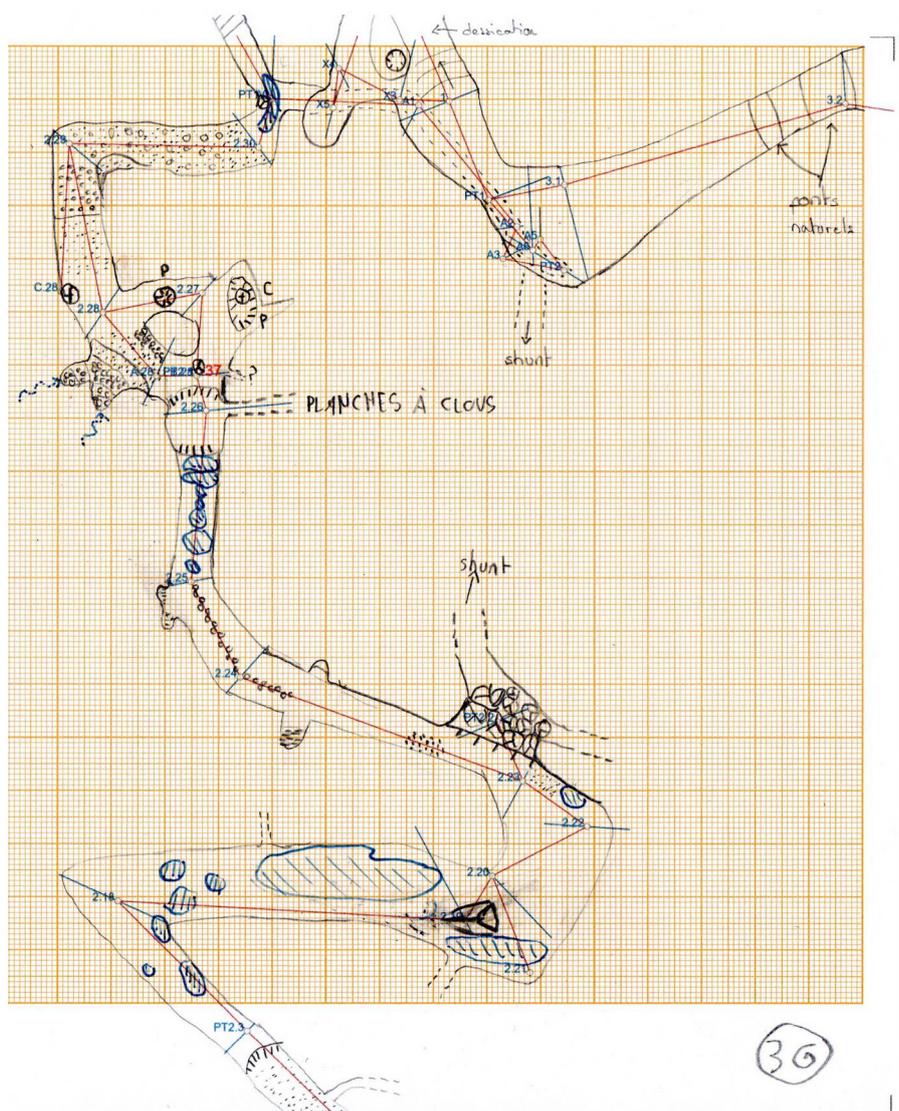


Figure 10: Exemple de dessin d'habillage (ici une feuille du plan)

### 3.7.5 Report du plan sur fond cartographique

Une option intéressante de VisualTopo est de pouvoir exporter le plan sur différents logiciels de cartographie (Google Earth, Géoportail, ...).

Nous avons donc procédé à un export au format *kml*. Ce format peut ensuite être importé comme couche cartographique dans Géoportail. On peut donc le superposer à des fonds de cartes de notre choix, permettant de contextualiser la cavité.

Entre autres, 3 fonds de cartes nous ont parus particulièrement pertinents :

- La carte IGN, permettant de situer la cavité, de repérer les proximités avec les flancs de colline, de raisonner sur les zones d'alimentation hydrologiques, ...



Figure 11: Situation de la cavité sur fond de carte IGN

- La carte géologique, qui permet de raisonner sur la structure géologique dans laquelle s'inscrit la cavité, ce qui peut donner de précieux indices pour la suite des explorations (par exemple la présence d'un niveau imperméable quelques mètres sous le terminus exploré indique qu'il n'y aura probablement plus de puits ; un synclinal est souvent synonyme de collecteur, ...).

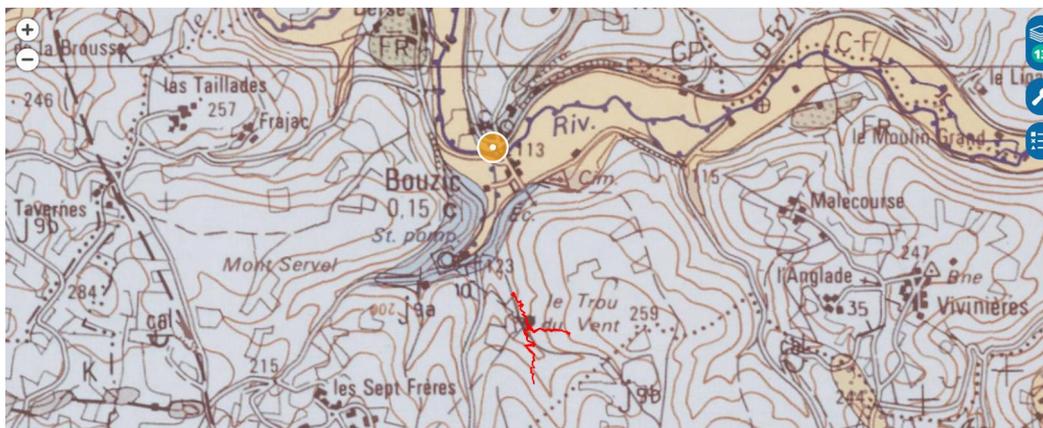


Figure 12: Situation de la cavité sur fond de carte géologique

- Le plan cadastral, qui permet de déterminer les propriétaires des terrains sous lesquels passe la cavité. Il est utile par exemple pour savoir à qui demander la permission d'entreprendre une désobstruction pour obtenir un accès plus commode à la cavité (dans le cadre du Trou du Vent, il serait par exemple intéressant d'ouvrir un accès (sans siphons) pour accéder au réseau des plongeurs, à condition bien sur que la topographie de ce réseau révèle une proximité suffisante avec la surface).

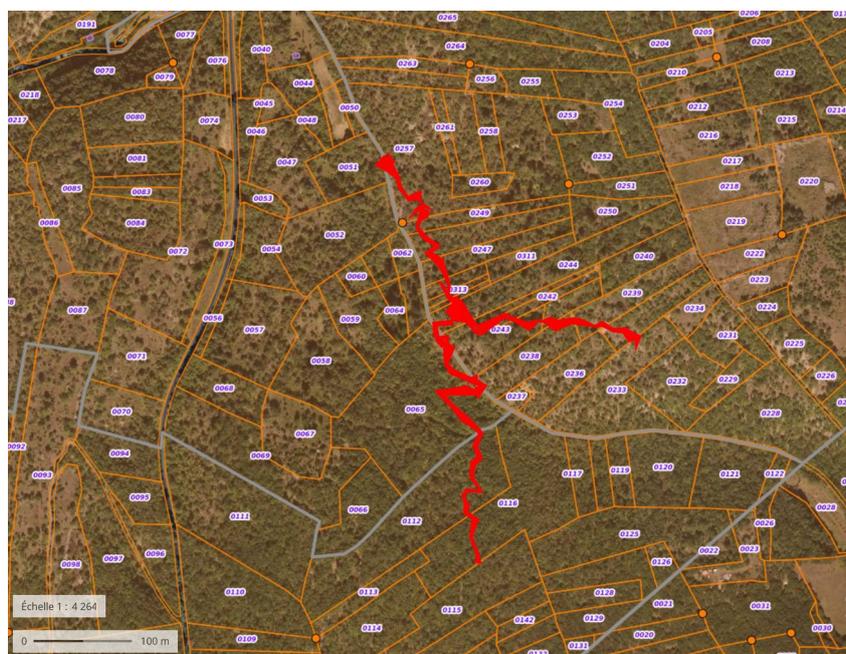


Figure 13: Situation de la cavité sur fond cadastral

- D'autres fonds de cartes seraient possibles, par exemple des photographies aériennes (pour aider à localiser l'aplomb de la cavité, voire pour détecter des failles), des cartes d'occupation des sols pour identifier une source de pollution, des cartes de zones de protections pour savoir si des autorisations spéciales sont nécessaires, ...

### 3.8 Suite du travail (assemblage, dessin...)

A la fin du stage, nous disposons de 3 éléments : les minutes topo (avec commentaires), un plan et une coupe à l'échelle sur papier, avec un traçage à la main de l'habillage. Nous disposons également du scan des plans/coupes papier (un scan par feuille).

Il reste donc à finaliser la « numérisation » de la topographie, ce dont Judi se chargera après le stage.

La première étape est d'assembler les scans en un seul scan pour le plan et un second pour la coupe (il suffit de supprimer les éventuelles marges et de « recoller » les tracés).

La seconde étape, non indispensable mais permettant d'obtenir une topographie bien plus propre consiste à redessiner les habillages faits sur papier sur un logiciel de dessin vectoriel, par exemple Illustrator. Pour cela, d'un côté on importe, depuis VisualTopo, le squelette de la topo. De l'autre, on importe les scans. On superpose alors les scans au squelette. Il faut ensuite redessiner (« décalquer ») l'habillage par-dessus les scans. Cette étape est néanmoins chronophage si on veut un rendu esthétique.

Enfin, on ajoutera sur la topographie quelques informations générales (nom de la cavité, nom de la commune, coordonnées GPS, date de la topographie, nom des topographes, nord magnétique, échelle, ...)

### **3.9 Organisation journalière**

#### **Lundi 11 Octobre**

Nous débutons la journée par une présentation en salle du matériel de topographie et de la méthode pour effectuer les relevés (mesures et croquis) sous terre.

Après un déjeuner précoce, nous allons dans le réseau du Trou du Vent pour repérer le réseau et confirmer les objectifs (topographier le cheminement principal de la confluence rivière des plongeurs/nouveau réseau jusqu'à l'emplacement du radiobalisateur le plus au nord, ainsi que la galerie est). Nous en profitons pour choisir et fixer les points topos principaux (ceux auxquels viendront se greffer la topographie de la suite du réseau et des branches annexes). Nous finissons en topographiant la zone d'entrée de la cavité : Judi est à la mesure, et chacun des 3 stagiaires dessine le croquis de la coupe et du plan.

Le soir, Judi nous présente les principes de base de Visual Topo. Nous rentrons ensuite les mesures prises dans VisualTopo ce qui nous permet de visualiser les squelettes du plan et de la coupe correspondant à la séance du jour.

#### **Mardi 12 octobre**

Pour avancer plus rapidement, nous décidons de nous répartir en deux équipes :

- La première équipe constituée de Félix et Judi topographie la galerie Amont
- La seconde équipe constituée de Paul et Edouard topographie la galerie Aval et la galerie Est

Chaque équipe fait les mesures et les croquis de sa partie (plan et coupe).

Le soir, nous ajoutons les mesures dans VisualTopo (un ordinateur par équipe), puis nous fusionnons les deux fichiers en un seul. Nous pouvons ainsi préparer le squelette du plan et la coupe.

#### **Mercredi 13 octobre**

Le matin, après avoir imprimé les squelettes du plan et de la coupe sur papier millimétré, nous y dessinons l'habillage à l'échelle.

L'après-midi, nous retournons sous terre pour quelques finitions : fixer les derniers points topos principaux à l'aide de chevilles, vérifier leurs numérotations et ajouter quelques détails (remplissages, flaques d'eau, augmenter la précision de la forme d'une salle) sur le plan.

Le soir, nous reportons les quelques modifications sur l'habillage, et nous scannons le plan et la coupe que nous avons produit.

#### **Jeudi 14 octobre**

Après une matinée consacrée à l'archéologie, nous rédigeons ce rapport et la présentation du lendemain.

## 4 Hydrogéologie

**Encadrant** : Alexandre Zappelli

**Stagiaires** : Pascal Mathellier, Patrick Rousseau, Olivier Réau, Vincent Verdon

### 4.1 Objectifs de l'étude

La cavité du Trou du Vent est en connexion directe avec la source de l'Oeil de la Fontaine. Des anciens traçages, réalisés sans moyens modernes de détection, ont pu le prouver.

La source est exploitée comme ressource principale en eau potable, puis comme ressource secondaire depuis la mise en place d'un forage profond. Parmi les arguments mis en avant pour la fermeture de la cavité, l'impact de la pratique spéléologique sur la qualité de l'eau a été évoquée. En effet, une augmentation ponctuelle de la turbidité de l'eau induite par la fréquentation spéléologique est possible (voir exemple Vercors).

Dans le cas présent, aucune donnée chiffrée n'a été apportée. En conséquence, sur ce stage, l'objectif principal de « l'équipe hydrogéologie » sera d'apporter des éléments de réponses quantitatifs sur cette question.

De plus, les travaux réalisés permettront de mieux connaître le fonctionnement du système hydrogéologique Trou du Vent / Source de l'Oeil de la Fontaine.

### 4.2 Méthodologie et matériel utilisé

#### 4.2.1 Traçage à la fluorescéine

Un traçage artificiel avec injection de fluorescéine entre la perte amont de la rivière souterraine du Trou du Vent et la source sera mis en œuvre. En effet, les traçages précédents ont uniquement apporté l'information qualitative de la jonction par suivi visuel [1]. Un suivi en continu de la fluorescence de l'eau, permettra de déterminer un temps de transfert précis à partir de la courbe de restitution ainsi qu'un taux de restitution.

Un [fluorimètre Albillia de type GGUN](#) a été mis en place à 20 mètres en aval de la résurgence le lundi 10 octobre 2021 à 17h. Cet appareil mesure à pas de temps régulier la fluorescence de l'eau dans trois gammes de longueurs d'onde, la turbidité et la température.

Ce fluorimètre permet de mesurer la turbidité de l'eau et 3 types de traceur :

- fluorescéine
- rodhamine
- acide aminogé

Les 2 derniers paramètres permettent de mesurer la fluorescence naturelle de l'eau.

Le pas de temps d'acquisition a été réglé à 5 minutes. La limite de détection de cet appareil pour la fluorescéine est de 0,1 µg/l.

La turbidité sera utilisée comme indicateur d'impact de la fréquentation spéléologique. Elle sera mesurée en continu à l'exurgence et mise en relation avec le nombre de spéléologues présents dans la cavité.

Sur le même site, une sonde autonome de marque [HOBO de type U24-001](#) mesurant la conductivité des eaux naturelles a été installée avec un pas d'acquisition identique de 5 minutes.

#### 4.2.2 Mesure de débits par dilution au sel

Concernant les mesures de débits, la technique par dilution au sel a été choisie. C'est une méthode particulièrement adaptée aux petits cours d'eau qui peut facilement se mettre en œuvre sous terre. La mesure des variations de concentration de sel se fait par mesure de conductivité électrique.

Un appareil [WTW 3620](#) muni de deux sondes indépendantes est utilisé. L'utilisation de deux sondes, une placée dans la veine d'eau principale, l'autre sur le bord de l'écoulement, permet de s'assurer du bon mélange du traceur injecté. C'est la principale source d'erreur à vérifier dans cette méthode [2].

Pour cette mesure il faut choisir une portion de rivière qui soit propice (Fig. 14) :

- Suffisamment longue
- Assez régulière
- Sans marmite retenant le traceur
- Suffisamment turbulente pour homogénéiser le produit
- Avec suffisamment de courant pour limiter la durée de mesure

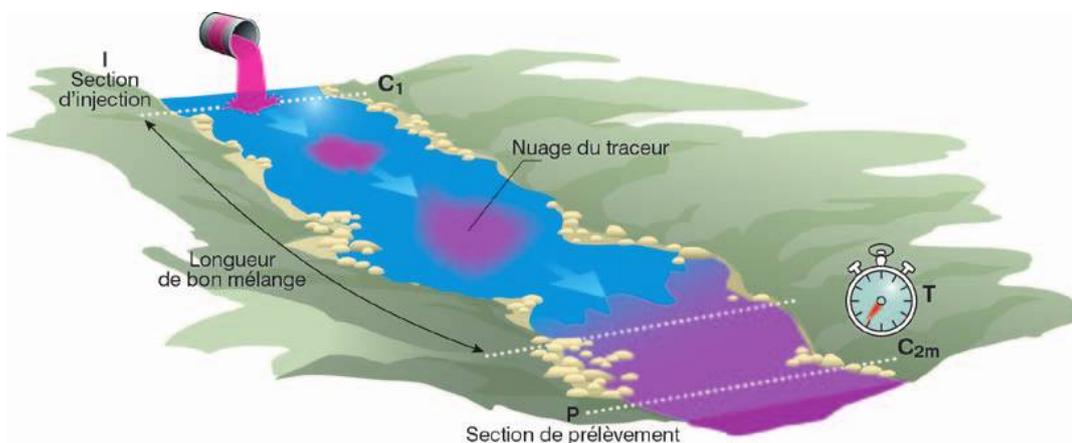


Figure 14: Dilution du traceur

### 4.3 Compte rendu journalier

#### Dimanche 10 octobre

Conférences autour de la géologie. Pas de travaux de terrain.

#### Lundi 11 octobre

##### Débit approximatif à l'exurgence

Après cet exposé, nous nous rendons sur le terrain à l'émergence, afin de faire un calcul approximatif du débit de la rivière.

On fait une estimation des différentes valeurs nécessaires au calcul :

Largeur  $l = 3 \text{ m}$

Hauteur d'eau  $h = 0,1 \text{ m}$

Vitesse de l'eau  $v = 0,01 \text{ m/s}$

Le débit est alors :  $Q = l \times h \times v = 0,03 \text{ m}^3/\text{s} = 30 \text{ l/s}$

Compte-tenu du fait que la vitesse est plus faible à proximité des parois nous décidons de minorer la valeur et considérons un débit de **20 l/s**.

### Calcul de quantité de fluorescéine

De retour au gîte, Alex nous initie aux différents choix possibles de traceurs et leur méthode d'emploi.

Alex nous explique qu'il est nécessaire de déterminer la masse de colorant qu'il faudra injecter.

L'objectif idéal serait d'utiliser une quantité minimale de fluorescéine permettant d'être détectée par le fluorimètre tout en restant peu visible à l'oeil nu (concentration inférieure à 100µg/l)

Le fluorimètre permet de détecter des concentrations minimum de 0,1µg/l.

A partir d'un document édité par le BRGM, nous faisons le calcul de quantité à injecter en utilisant deux formules empiriques de calcul.

La première formule est :  $M = 1,9 \times 10^{-5} \times (L \times Q \times C)^{0,95}$

M = masse de traceur à injecter en kg

L = longueur du parcours en km

Q = débit en l/s

C = concentration maximum attendue du traceur en µg/l correspondant au maximum de la courbe de restitution

En choisissant L = 1 km, Q = 20 l/s et C = 50 µg/l, le calcul donne une valeur de 0,01 kg, soit 10 g de traceur.

L'autre formule empirique testée donne un résultat légèrement inférieur.

Compte-tenu des incertitudes sur les données, nous décidons de majorer la quantité de traceur et prenons **50 g**.

Le document du BRGM nous permet de vérifier quelle est la quantité maximum de fluorescéine qui peut être dissoute dans l'eau : 600 g/l à 20°C. Nous pourrions donc aisément diluer les 50 g de fluorescéine dans une simple bouteille d'eau !

La quantité est pesée puis mise dans la bouteille, puis nous partons vers l'exurgence.

### Mesure précise de débit à l'exurgence

Le prochain objectif de la journée est désormais de réaliser une mesure précise du débit de la rivière, par dilution au sel.

Le point d'injection trouvé, nous commençons par mesurer la conductivité naturelle de l'eau :

658 µS/cm pour une température de 13,2 °C.

1018 g de sel sont dissous au préalable dans environ 10 l d'eau.

Le conductimètre à double capteur a été positionné à 50 m en aval.

Un capteur est placé au centre du cours d'eau, l'autre rive gauche. Ce capteur permet de vérifier que la dilution s'est effectuée correctement : répartition relativement homogène sur toute la section du cours d'eau.

Le traceur est injecté à 13H26 au niveau de la passerelle à l'aval de la station de pompage et détecté par le conductimètre à 13H31.

Le conductimètre a été réglé pour faire une mesure toutes les secondes et laissé en place jusqu'à ce que les valeurs mesurées reviennent au niveau naturel mesuré précédemment. Il est 14H10.

### Opération de traçage

Dans l'après-midi Olivier et Vincent partent sous terre à 14H30, dans le but d'effectuer l'injection de fluorescéine pour le traçage.

A 15H28, une mesure de conductivité est faite au point d'injection et donne 668  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La température d'eau est 13,2 °C.

A 15H38, la fluorescéine est injectée au niveau de la perte de la rivière.

Alex nous rejoint puis nous retournons vers la sortie.

Pendant ce temps, Pascal, Patrick et Alex mettent en place le fluorimètre n°369 (FFS)

Le paramétrage est effectué avec un pas d'acquisition de 5 min et avec un fichier de calibration d'usine.

Le capteur est mis en place (attention à l'orienter correctement dans le courant).

Le fluorimètre est initialisé et démarré.

Ensuite l'équipe met en place une sonde autonome de conductivité : sonde Hobo U24 N°20100456 (FFS). Cette sonde doit être correctement immergée.

Le paramétrage est effectué avec un pas d'acquisition de 5 min.

A 17 H, un exposé sur le contexte réglementaire de la pratique de la spéléologie est fait par Judicaël.

A 18H30 nous décidons de retourner voir si le colorant est déjà visible au niveau de l'exurgence. Rien n'est visible pour le moment, mais nous en profitons pour vérifier le bon fonctionnement du fluorimètre.

### Exploitation des données du conductimètre

Une fois rentrés, nous récupérons les valeurs enregistrées par le conductimètre.

Les données sont injectées dans un tableur puis quelques données aberrantes sont éliminées ainsi que les valeurs hors restitution du traceur.

La moyenne de concentration est calculée avec le tableur puis nous effectuons le calcul du débit :

$$\text{Moyenne} = 59,07 \mu\text{S}/\text{cm}$$

Un coefficient multiplicateur de 0,0005 permet d'obtenir la concentration en g/l de sel : Concentration = 0,0295 g/l

La quantité M de sel injectée est de 1018 g

Le volume d'eau est donc  $V = \text{masse de sel} / \text{concentration} = 34466 \text{ l}$

Le temps t de restitution est de 1693 s.

Donc le débit est  $Q1 = V / t = 20,36 \text{ l/s}$

Le calcul est effectué aussi avec l'autre sonde et le débit obtenu est  $Q2 = 19,57 \text{ l/s}$

Au final nous considérons que le débit est de 20 l/s  $\pm 0,5 \text{ l/s}$  (Fig. 15)

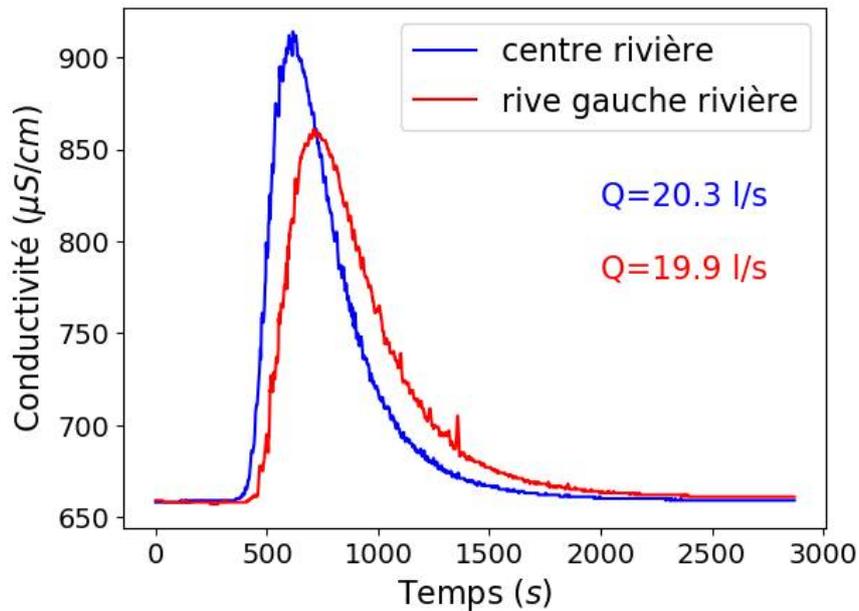


Figure 15: Courbe de restitution n°1 dilution à l'exurgence

## Mardi 12

### Relevé du fluorimètre

Nous passons ensuite relever les résultats du fluorimètre. Alex arrête l'appareil à 10H35 et utilise une tablette graphique pour extraire les résultats. 192 points de mesures (avec un pas de 5 min) ont bien été enregistrés, mais pas encore de présence de fluorescéine. Nous remettons le fluorimètre en fonctionnement à 10H42.

### Mesures de conductivité dans l'amont de la rivière souterraine

Nous nous équipons alors et descendons dans la cavité. A 11H40 nous arrivons au niveau de la plage et enfilons les néoprènes pour retourner dans l'amont. Nous filons au niveau de la confluence des deux branches amont puis des mesures de conductivité sont faites :

Dans la branche de gauche à 12H12, on obtient 687 µS/cm avec une température d'eau de 13,2 °C.

Dans la branche de droite à 12H16, on obtient 665 µS/cm avec une température d'eau de 13,3 °C.

A une vingtaine de mètres en aval de la confluence à 12H20, on obtient 670 µS/cm avec une température d'eau de 13,3 °C.

Plusieurs autres mesures faites plus en aval donneront exactement le même résultat.

Ces mesures de conductivité permettent de calculer le débit de chaque branche.

### Calcul du débit de chaque branche amont

On considère que le débit est proportionnel à la conductivité.

Débit rive droite : 17/22 ème du débit = 15,5 l/s

Débit rive gauche : 5/22 ème du débit = 4,5 l/s

### Mesure du débit de la rivière amont : 1) méthode des bouchons

Vu la configuration des lieux, peu propice à la mesure par dilution de sel, le calcul de débit sera effectué en utilisant la technique des bouchons (Fig. 16).

Le calcul du débit est donné par la formule  $Q = S \times v$

S est la section du cours d'eau

v est la vitesse d'écoulement

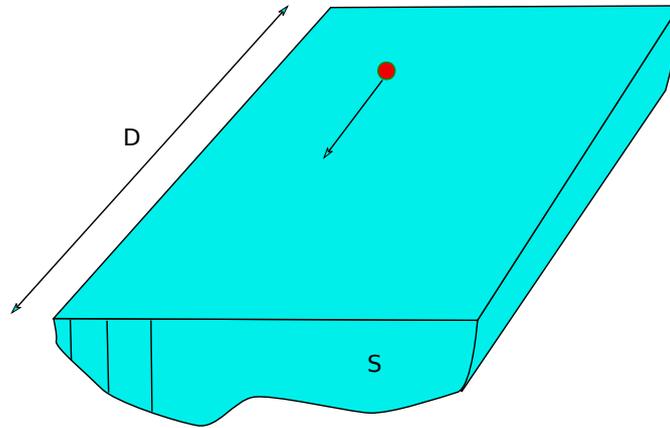


Figure 16: Principe de mesure du débit par la technique du flotteur

Nous commençons par choisir une portion de galerie qui convient :

- régime laminaire ;
- section assez régulière.

Puis nous déterminons le profil de la section où circule l'eau, par prise de mesure de profondeur à distance régulière, tous les 20 cm (Fig. 17).

Les mesures permettent de calculer la hauteur moyenne :  $h = 0,327$  m

La largeur  $l = 2,4$  m

La section est donc  $S = h \times l = 0,786$  m<sup>2</sup>

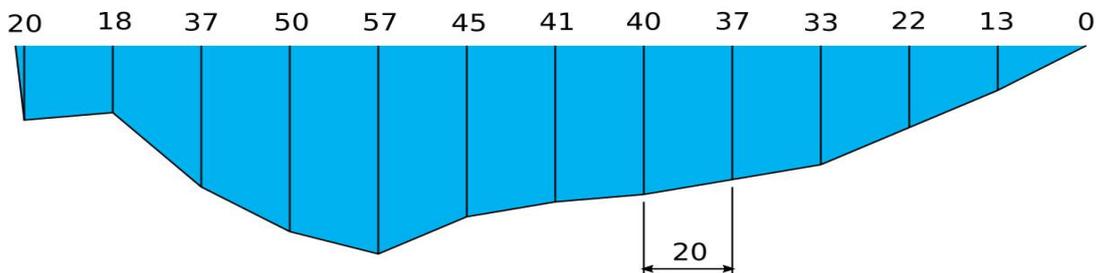


Figure 17: Mesure du profil de la section (dimensions en cm)

Au vu de la faible vitesse, il est décidé de faire la mesure de vitesse sur une portion de 2 m.

3 mesures sont faites : 77 s, 88 s, 72 s.

Le temps de parcours moyen  $t = 79$  s

La vitesse est  $v = d / t = 2 / 79 = 0,0253 \text{ m/s}$

Le débit est donc  $Q = S \times v = 0,0199 \text{ m}^3/\text{s} = 20 \text{ l/s}$

En appliquant un facteur de correction 0,8 (régime d'écoulement plutôt calme, laminaire), on trouve :

**Q = 16 l/s** avec une erreur estimée à + ou - 5 l/s près.

### Mesure du débit de la rivière amont : 2) traçage au sel

Nous décidons tout de même de retourner vers la perte pour tenter une mesure de débit avec du sel, la mesure utilisant un bouchon n'étant pas très précise.

La portion de rapide juste en amont de la perte semble pertinente pour cette mesure car elle permettrait de brasser correctement le mélange de sel.

Nous diluons 1064 g de sel, plaçons les 2 sondes du conductimètre (1 au milieu du courant, 1 plus à droite en faisant attention à ne pas placer les sondes dans une zone non émulsionnée).

La conductivité naturelle était de 672  $\mu\text{S/cm}$  avant injection.

Le mélange est injecté à 13H37, à 15 m en amont des sondes.

Une fois analysés et après calcul (Fig. 18), les résultats de débit confirment un débit de 22 l/s, proche du débit mesuré la veille à l'exsurgence.

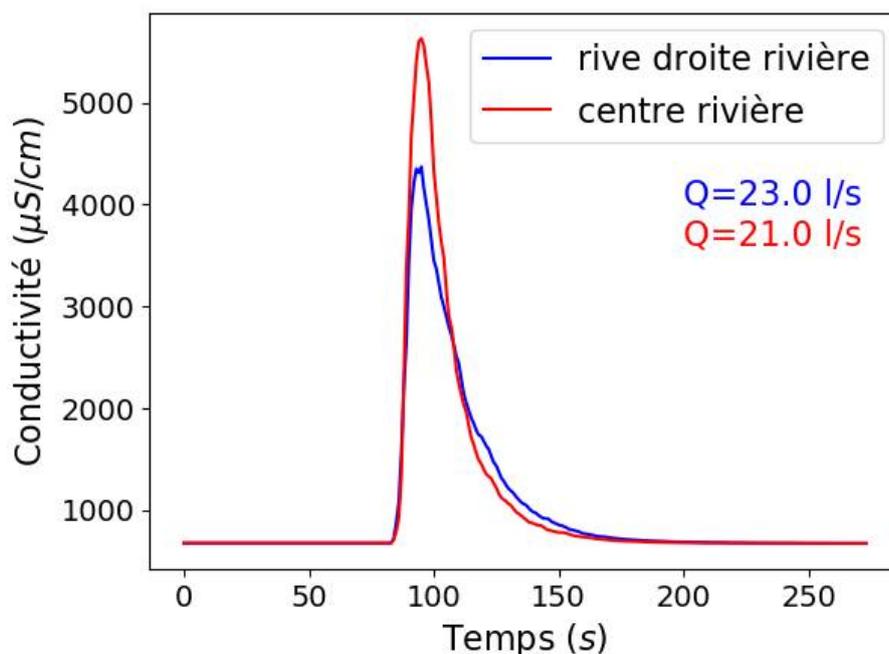


Figure 18: Courbe de restitution dilution dans la rivière amont

### Autres mesures de conductivité

Nous repassons la vasque, récupérons le matériel déposé sur la plage et retournons vers la galerie des sables.

Au passage, une mesure de conductivité est effectuée dans une marmite un peu avant la galerie des marmites. Il s'agit certainement d'une eau de crue et/ou d'infiltration : 480 à 510  $\mu\text{S/cm}$

Une autre mesure est effectuée près du "dragon" dans une marmite remplie par de l'eau qui percole du plafond : 461  $\mu\text{S/cm}$  à une température de 12,1°C

Nous cherchons enfin l'aval de la rivière (mystérieuse), sans réussir à la trouver, notamment dans le boyau qui part à gauche dans la galerie Cathala...

Nous remontons à la surface vers 16H.

Au cours de la séance nous avons également procédé à des mesures du CO<sub>2</sub> dans l'air (Chapitre 6).

### Mercredi 13

#### État d'avancement du traçage

Ensuite nous repartons vers l'exsurgence.

Nous observons que la fluorescéine ressortait et est bien visible : en conclusion, la masse initialement calculée (10 g) aurait sans doute suffi et évité que le traçage soit vu...



*Fluorescéine visible à l'exsurgence*

#### Nouvelle mesure de débit à l'exsurgence

Nous commençons par faire une mesure de débit par traçage au sel, suivant les mêmes conditions que lundi.

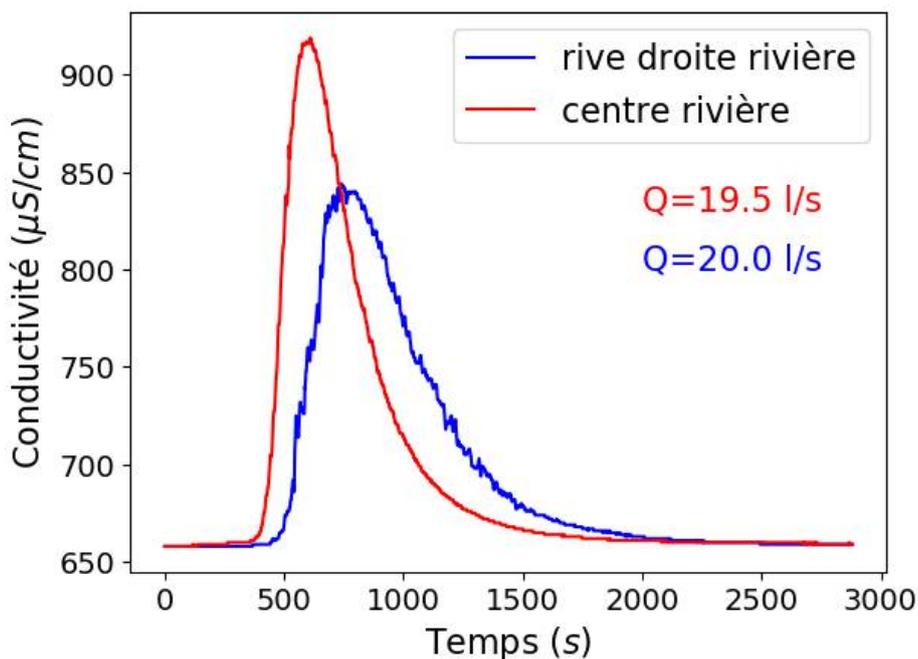
Une première mesure de la conductivité naturelle est effectuée : 658  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une température de 13,2 °C.

A 11H11 nous injectons 1024 g de sel.

Le conductimètre est stoppé dès le retour à la valeur normale à 11H58.

Après traitement des données (Fig. 19) nous retrouvons la valeur mesurée lundi :

20 l/s  $\pm 0,5$



*Figure 19: Courbe de restitution n°2 dilution à l'exsurgence*

### Données du fluorimètre

Nous avons relevé les données du fluorimètre. Il est stoppé à 11H25, le temps d'extraire les données puis remis en route à 11H32. Le pas a désormais été réglé à une valeur de 15 min.

Nous observons, grâce à la tablette graphique d'Alex, la courbe de restitution qui montre que le début de restitution a démarré à 20H hier. Le pic a été passé à 6H10.

La fluorescéine a donc mis environ **28H30** à parcourir le trajet entre le point d'injection et l'exsurgence.

### Observations souterraines au niveau du "regard" sur la rivière

Après déjeuner nous entrons dans la cavité. L'objectif est d'accéder au regard sur la rivière. L'accès se situe juste après le "dragon" et les marmites, en descendant à gauche par le passage des "planches à clous". Nous cherchons s'il est possible d'effectuer une mesure de débit, mais cela s'avère compliqué vu la configuration des lieux.

Nous relevons la conductivité à 13H46 : 664  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une température de 13,3 °C.

En revenant par la galerie d'accès nous prenons le temps d'observer les différentes marmites, leurs formes. Plusieurs de ces marmites contiennent de la calcite en suspension.

A 14H, nous effectuons 2 mesures dans 2 marmites situées au même endroit :

La première marmite : 555  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 12,7 °C

La deuxième marmite : 576  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 12,7 °C

La conductivité plus basse indique qu'il s'agit d'eau de crue, moins minéralisée.

Nous observons également les vagues d'érosion (coups de gouges).

Nous ressortons de la cavité.

## **Jedi 14**

### Nouvelle mesure de débit à l'exsurgence

A 15 h une équipe part effectuer une mesure de débit à l'exsurgence.

Les conditions de mesure sont les mêmes que les autres jours.

Une première mesure de la conductivité naturelle est effectuée : 659  $\mu\text{S}/\text{cm}$  avec une température de 13,5 °C.

A 15H23 nous injectons 1024 g de sel.

Le conductimètre est stoppé dès le retour à la valeur normale à 16H00.

Après traitement des données nous retrouvons la valeur habituelle : 20,1 l/s  $\pm 0,5$

### Données du fluorimètre

Nous retournons vérifier le fluorimètre. A 19H25, il est arrêté et ses données extraites : 127 mesures ont été enregistrées avec un pas de 15 min.

Le bruit de fond naturel étant de 4,60 mV, la restitution n'est pas encore complète puisque l'on a encore une valeur de signal de 10 mV. L'appareil restera donc en place jusqu'au lendemain.

On note une faible augmentation de la turbidité.

La courbe correspondant à la rhodanine a aussi subi une variation, ce qui peut aussi mettre en évidence une augmentation de la turbidité, à confirmer.

A 19H30, le fluorimètre est redémarré avec un pas de 15 min.

## 4.4 Résultats de l'étude

### 4.4.1 Suivi manuel des conductivités et températures

Site	Date/heure	Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Température ( $^{\circ}\text{C}$ )
Résurgence	11/10/2021 13h20	658	13.2
Cavité, perte rivière amont	11/10/2021 15h28	668	13.2
Cavité, rivière amont branche secondaire	12/10/2021 12h12	687	13.2
Cavité, rivière amont branche principale	12/10/2021 12h16	665	13.3
Cavité, rivière amont	12/10/2021 12h20	670	13.3
Cavité, laisse eau, galerie principale	12/10/2021 14h00	480	
Cavité, laisse eau, galerie principale	12/10/2021 14h05	510	
Cavité, eau percolation, dragon	12/10/2021 14h20	461	12.1
Résurgence	13/10/2021 11h40	658	13.2
Cavité, planches à clous	13/10/2021 13h46	664	13.2
Cavité, planches à clous sup., laisse eau	13/10/2021 14h00	555	12.7
Cavité, planches à clous sup., laisse eau	13/10/2021 14h05	576	12.7
Résurgence	14/10/2021 15h20	658	13.2
Résurgence	15/10/2021 11h30	659	13.2

Tableau 3: Récapitulatif des mesures de conductivité et de température

### 4.4.2 Mesures de débits

Dans l'ensemble, les mesures de débits par méthode de dilution ont été cohérentes sur les deux sondes de mesure avec des écarts de l'ordre de 1 %. Vu les conditions de terrain non optimales, la mesure sur la rivière souterraine montre en différence de l'ordre de 5 %. La moyenne de ces deux mesures est donnée dans le tableau ci-dessous ainsi qu'une incertitude approximative. Une mesure par flotteurs a aussi été faite sur la rivière souterraine. Vu les très faibles débits et la faible rugosité de paroi de la section choisie, le coefficient de correction pour les frottement a été fixé à 0.8.

Grâce aux mesures de conductivités effectuées sur les deux branches amont de la rivière souterraine et du mélange en aval, de la mesure du débit aval, nous pouvons déduire les débits des deux banches. Il suffit de combiner une équation de mélange sur les conductivités et une équation de conservation des débits.

Site	Date/heure	méthode	Débit (l/s)	Incertitude (l/s)
Résurgence	11/10/2021 13:25	Dilution de sel	20.1	0.5
Rivière souterraine branche principale	12/10/2021 12:40	Équation de mélange	17	3
Rivière souterraine branche secondaire	12/10/2021 12:40	Équation de mélange	5	3
Rivière souterraine	12/10/2021 13:00	Flotteurs	16	5
Rivière souterraine	12/10/2021 13:40	Dilution de sel	22	2
Résurgence	13/10/2021 11:10	Dilution de sel	19.8	0.5
Résurgence	14/10/2021 15:20	Dilution de sel	20.3	0.5

Tableau 4: Récapitulatif des mesures de débit effectuées

Les résultats obtenus pour les mesures de débit de la résurgence sont jugés très bons avec une excellente cohérence entre les deux sondes et une reproductibilité satisfaisante.

#### 4.4.3 Restitution du traçage artificiel

Le lundi 11 octobre à 15h28, 48 grammes de fluorescéine en poudre préalablement dilués ont été injectés à la perte de la rivière souterraine.

À peu près en même temps, le fluorimètre de terrain a été installé à la résurgence avec la sonde de conductivité. La fluorescéine est le traceur de référence pour ce type d'expérience car elle a un pouvoir fluorescent important, est peu onéreuse et a peu d'impact environnemental [3].

Le fluorimètre a été retiré le vendredi 15 octobre 2021 vers 11h30. Le retour bruit de fond initial n'est pas strictement atteint. Cela ne devrait pas avoir un impact significatif sur le calcul du taux de restitution.

D'autre part, une calibration a posteriori a été effectuée en laboratoire avec trois concentrations étalons de 1, 10 et 100 µg/l préparées avec le même lot de fluorescéine.

La figure 20 montre la courbe de restitution du traceur au cours du temps à la source. La concentration (après calibration) est exprimée en µg/l (ou ppb). La première apparition du traceur est détectée 28 heures après l'injection à la rivière souterraine. Le maximum de concentration est détecté après 38 heures. La courbe montre un pic principal de concentration maximale égale à 42 µg/l. La déformation bien visible 12 heures après le pic principal pourrait être un deuxième pic.

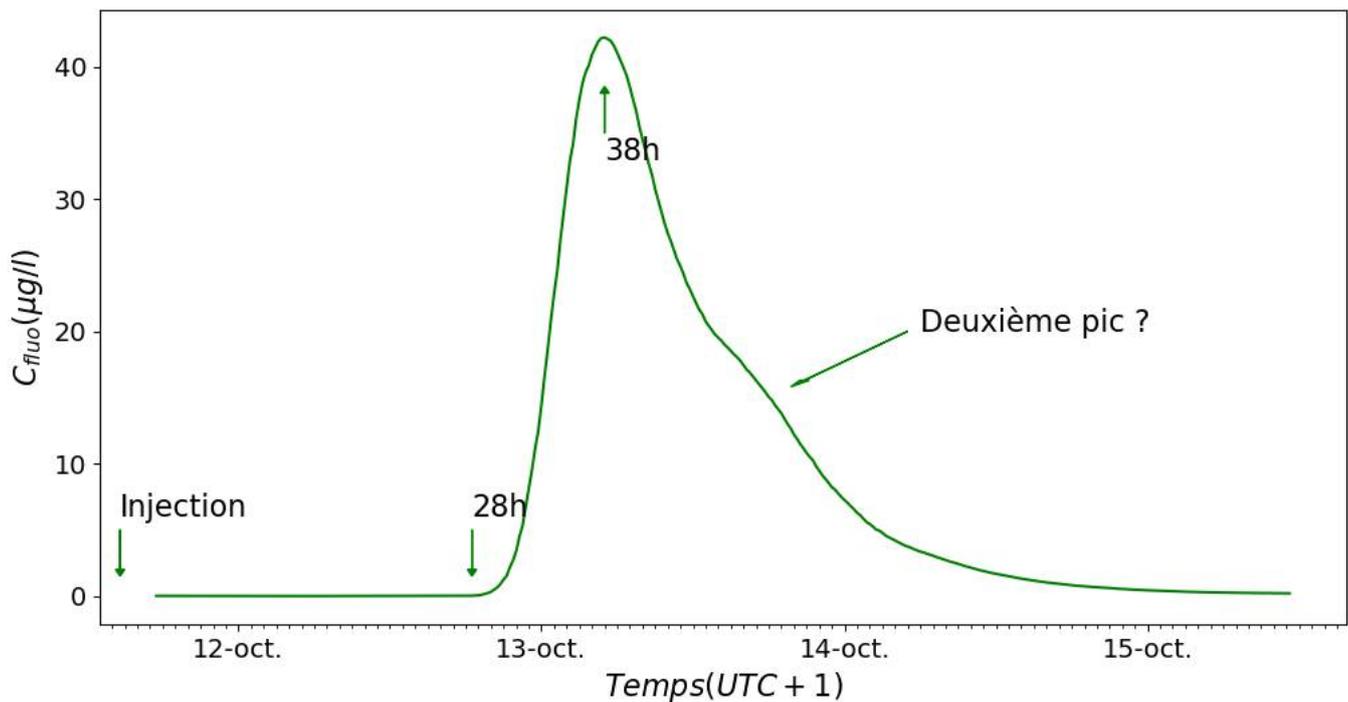


Figure 20: Courbe de restitution de la fluorescéine à la résurgence. La concentration est en  $\mu\text{g/l}$ . Les flèches indiquent la date de l'injection du colorant à la rivière souterraine, le temps d'apparition du traceur et le temps de passage du maximum de concentration.

Pour calculer le taux de restitution du traceur, il faut calculer l'intégrale du produit de la concentration restituée (diminuée du bruit de fond naturel) par le débit entre le temps de première apparition et le temps de retour au bruit de fond naturel. En pratique, vu nos mesures discrètes de concentration, l'intégrale se calcule comme une somme. De plus, comme nous le montrent nos mesures, nous considérons que pendant toute l'expérience, le débit est constant avec 20 l/s.

$$M = Q \sum_{t_1}^{t_2} (C(t) - BF) \Delta t$$

Par ce calcul, nous estimons que 96 % du traceur a été restitué à la source.

#### 4.4.4 Suivi de fréquentation

Les différentes équipes d'étude ont fréquenté la cavité du lundi 11 au mercredi 13 octobre 2021. La plage horaire était approximativement entre 12 et 17 heures. Le tableau 5 fait le récapitulatif des personnes présentes sous terre et en particulier dans la rivière.

Fréquentation spéléo	Lundi 11/10/2021	Mardi 12/10/2021	Mercredi 13/10/2021
Total dans la cavité	18	17	17
Dans la rivière souterraine	2	7	14

Tableau 5: Fréquentation journalière dans la rivière souterraine

#### 4.4.5 Évolution de la turbidité à la résurgence

La figure 21 montre l'évolution de la turbidité sur la période du stage. La valeur est normée par rapport au minimum mesuré. Ainsi le bruit de fond naturel (avant fréquentation de la cavité) est très proche de 1. À

chaque passage dans la cavité, on constate après 38 heures (temps de transfert identifié par le traçage) une augmentation de la turbidité. Elle est à peine perceptible le 13 octobre vers 10h avec une fréquentation de deux spéléologues dans la rivière souterraine. Elle est bien marquée le 14 et 15 octobre après respectivement une fréquentation de 7 et 14 spéléologues à la rivière. La valeur maximale mesurée du rapport turbidité/turbidité mini est de 1.20 dans la matinée du 15 octobre, soit une augmentation très faible de 20 % du bruit de fond naturel initial.

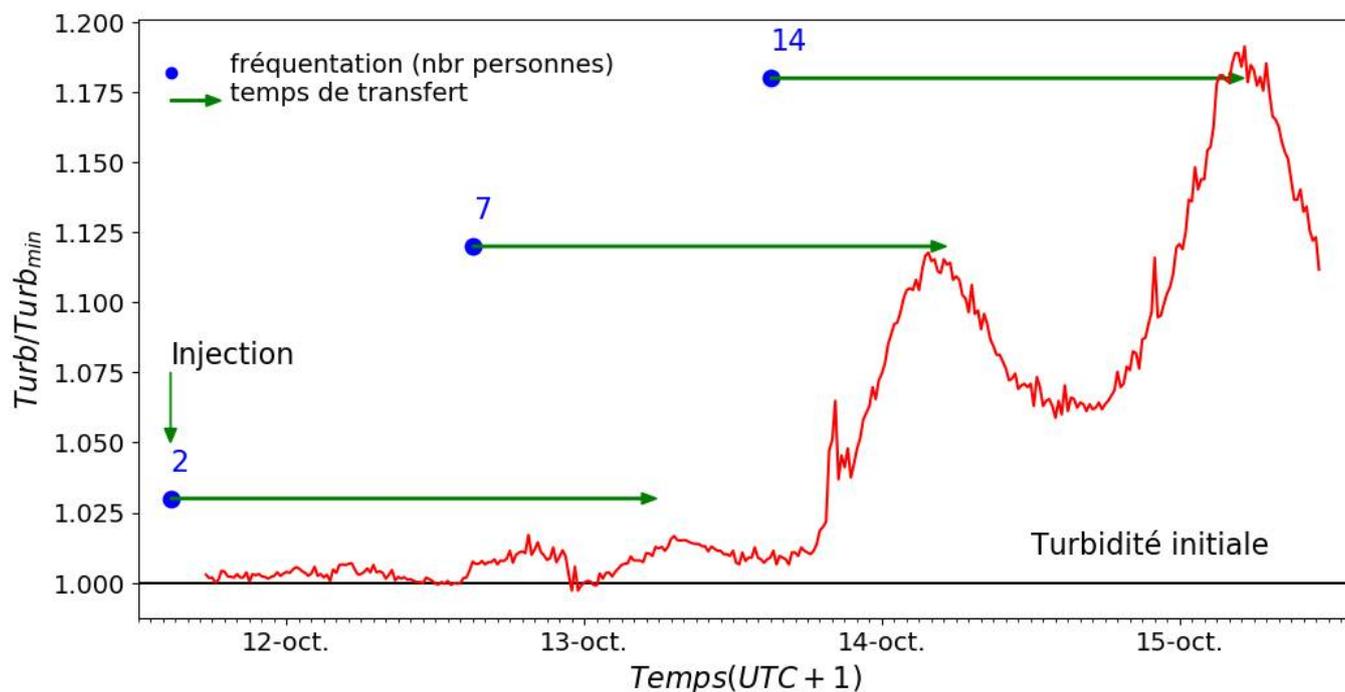


Figure 21: Évolution temporelle de la turbidité à la résurgence. Les flèches vertes marquent le temps de transfert de 38 heures. Les points bleus indiquent la date de passage des groupes de spéléologues à la rivière souterraine avec le nombre de personnes.

## 4.5 Interprétations

Les mesures de débits à l'exsurgence et dans la rivière souterraine montrent des valeurs identiques de l'ordre de 20 l/s. De plus, les mesures de conductivité et de température sont identiques sur les deux sites. En conséquence, l'eau de la rivière souterraine est très probablement transmise à la résurgence sans pertes ni apports.

Ceci est confirmé par la restitution quasi totale du traceur à la résurgence (96%) après un temps de suivi de plus de trois jours. Ainsi, nous apportons une contrainte forte sur l'existence d'un drain unique entre le point d'injection et la résurgence.

Une diffluence mineure pourrait être à l'origine de la petite déformation visible sur la décroissance de la courbe de restitution (figure 20). Cette déformation pourrait être un deuxième pic décalé d'environ 12 heures par rapport au pic principal. Ceci pourrait témoigner d'une petite diffluence qui rejoindrait le réseau avant la sortie à la source. Cette hypothèse reste à confirmer.

Une nouvelle opération de traçage pourrait apporter des réponses plus précises.

La figure 21 montre une corrélation évidente entre la fréquentation spéléologie à la rivière souterraine et une augmentation de la turbidité compte tenu du temps de transfert. Bien que la fréquentation ait été soutenue durant le stage, l'augmentation de turbidité reste infime. Cela peut s'expliquer un effet de dilution conjugué à l'absence d'argiles sur le cours amont de la rivière. Ainsi peu de matières en suspensions sont mises en solution et transportées vers l'aval (la source) lors du passage des spéléologues.

## 4.6 Conclusions

Le traçage mis en œuvre, nous a permis d'estimer un temps de transfert de 38 heures entre la rivière souterraine et la résurgence. Cela étant posé, nous avons pu mettre en évidence des corrélations nettes entre la fréquentation humaine à la rivière souterraine et les variations de turbidité à la source. Ces dernières montrent une augmentation de l'ordre de 20 % au maximum par rapport au bruit de fond naturel en relation avec trois jours consécutifs de forte fréquentation due au stage. Nous pouvons clairement en déduire le très faible impact de la fréquentation de la rivière sur la qualité de l'eau mesurée par la turbidité.

Concernant les circulations d'eau dans le réseau souterrain, la conservation des débits entre la rivière souterraine et la résurgence ajoutée au fort taux de restitution du traçage, poussent pour l'existence d'un drain unique. La petite déformation de la courbe de restitution pourrait indiquer une diffluence mineure.

## 4.7 Références

- [1] Guichard Francis, Expérience du Trou du Vent de Bouzic. Fermeture abusive, quelle position adopter ? Colloque « Échange d'expérience sur la protection du milieu souterrain », CDS07, 2003.
- [2] Le Coz Jérôme et al., ONEMA. Contrôle des débits réglementaires, 2011.
- [3] Gombert Philippe, Carré Jean. Toxicité et écotoxicité des principaux traceurs fluorescents employés en hydrogéologie et de leurs produits de dégradation. *Karstologia*, n°58, 2e semestre 2011.

## 5 Biospéléologie

**Encadrant** : Bernard Lebreton, Jean-Louis Thomaré

**Stagiaires** : Angélika Nodari, Christophe Duval, Alexandra Rolland

### 5.1 Espèces connues avant le stage

Le nom d'une espèce est donné suivant la nomenclature de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN)-Site internet: <https://inpn.mnhn.fr>.

Dans la liste ci-dessous, le nom d'une espèce, toujours en italique, est suivi du nom de son descripteur et de l'année de la description. Il arrive que le nom du descripteur soit entre parenthèses (ce qui signifie que l'espèce a changé de nom depuis sa description originale).

Nous essayons, le plus souvent possible, de préciser, entre crochets et derrière le nom du descripteur de l'espèce, et la date de description, s'il s'agit d'un troglo(terrestre)-xène ou stygo(aquatique)-xène, troglophile ou stygophile ou encore troglobie ou stygobie ou toute autre information.

Entre crochets, suivent les noms des auteurs ayant cité cette espèce, l'année puis les pages où l'on peut retrouver la citation dans la référence complète se trouvant dans la bibliographie donnée à la fin de la note.

Entre accolades nous rappelons, dans la mesure du possible, le nom de l'espèce, toujours en italique, tel qu'il a été mentionné par l'auteur de la citation.

Nous proposons ensuite le ou les noms des récolteurs ou observateurs, les dates de la ou des récoltes ou des observations ainsi que la méthode de récolte, si elle nous est connue, avec le nombre d'individus, ♀ ou ♂, le milieu prospecté si l'information nous est connue et enfin le nom du ou des déterminateurs des individus.

---

Exemple :

#### **Arachnida: Acari (Acariens):**

- *Eschatocephalus vespertilionis* (C. L. Koch, 1844) [Troglophile]. [COIFFAIT (H.), 1959:281-282 {*Ixodes vespertilionis*}, en très grand nombre sur les parois et au plafond dans les régions sèches de la galerie Est; LAMONTELLERIE (M.), 1965:92 {*Ixodes vespertilionis*}, récolte de COIFFAIT Henri, du 3.III.1952, Collection Institut Pasteur, Paris; Observations de DELLUC Marc et LEBRETON Bernard, du 1.V.2017].

---

#### **Crustacea : Amphipoda :**

- *Niphargus* sp. [NOGUÈS (X.), 1997]

#### **Crustacea : Isopoda (Aquatique) :**

- *Caecosphaeroma (Vireia) burgudum* Dollfus, 1896 [Stygobie]. [GUICHARD (F.), 2003 : 7-8 {*Caecosphaeroma burgudum* Dollfus}].

#### **Chiroptera : Rhinolophidae :**

- *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797) [Troglophile]. [GUICHARD (F.), 2003 :7-8]
- *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreber, 1774) [Troglophile]. [GUICHARD (F.), 2003 :7-8]

## Amphibia : Urodela

● *Salamandra* sp. [Thierry FÉLIX, observations]

### 5.2 Méthodes

Le lundi 11 octobre 2021, nous avons l'opportunité d'effectuer des observations, des récoltes et de prendre des photographies (téléphones portables et appareil photo), pour compléter l'inventaire biologique provisoire de la grotte du Trou du Vent.

Pour la faune terrestre nous avons récolté, à vue, soit à l'aide d'une paire de pinces souples, soit avec un pinceau imbibé d'éthanol à chaque prise (Photo 10) . En ce qui concerne la faune aquatique nous avons utilisé un filet à plancton à mailles très fines et récolté à vue.



Photo 10: Outils de récolte  
(A. ROLLAND)

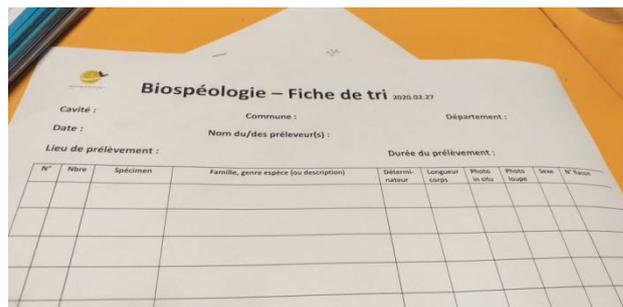


Photo 11: Aperçu d'une fiche de tri

La faune a ensuite été triée sous une loupe binoculaire. Chaque individu ou groupe de mêmes individus est placé dans un tube préalablement rempli d'éthanol. Avant d'être fermé une étiquette (comportant le nom de la grotte, la commune, le n° du département, la date de la récolte, le nom du récolteur et le n° du tube) est placée dans le tube. Après la fermeture du tube, celui-ci est placé dans un "pot de conserve en verre" rempli à moitié d'éthanol et prévu pour contenir tous les tubes de la même cavité. Avant la fermeture du "pot de conserve en verre", on rajoute de l'éthanol jusqu'au-dessus des tubes et on recouvre le tout de coton hydrophile. Les individus seront envoyés, ultérieurement, aux différents spécialistes, pour obtenir les déterminations.



Photo 12: Tri sous loupe binoculaire  
(C. DUVAL)



Photo 13: Mise en tube dans de l'éthanol des récoltes et pots de conserve en double alcool de toutes les récoltes

### 5.3 Espèces rencontrées lors du stage

Les différentes observations et récoltes ont été réalisées en divers points de la cavité, reportés sur le plan ci-dessous (Fig. 22).

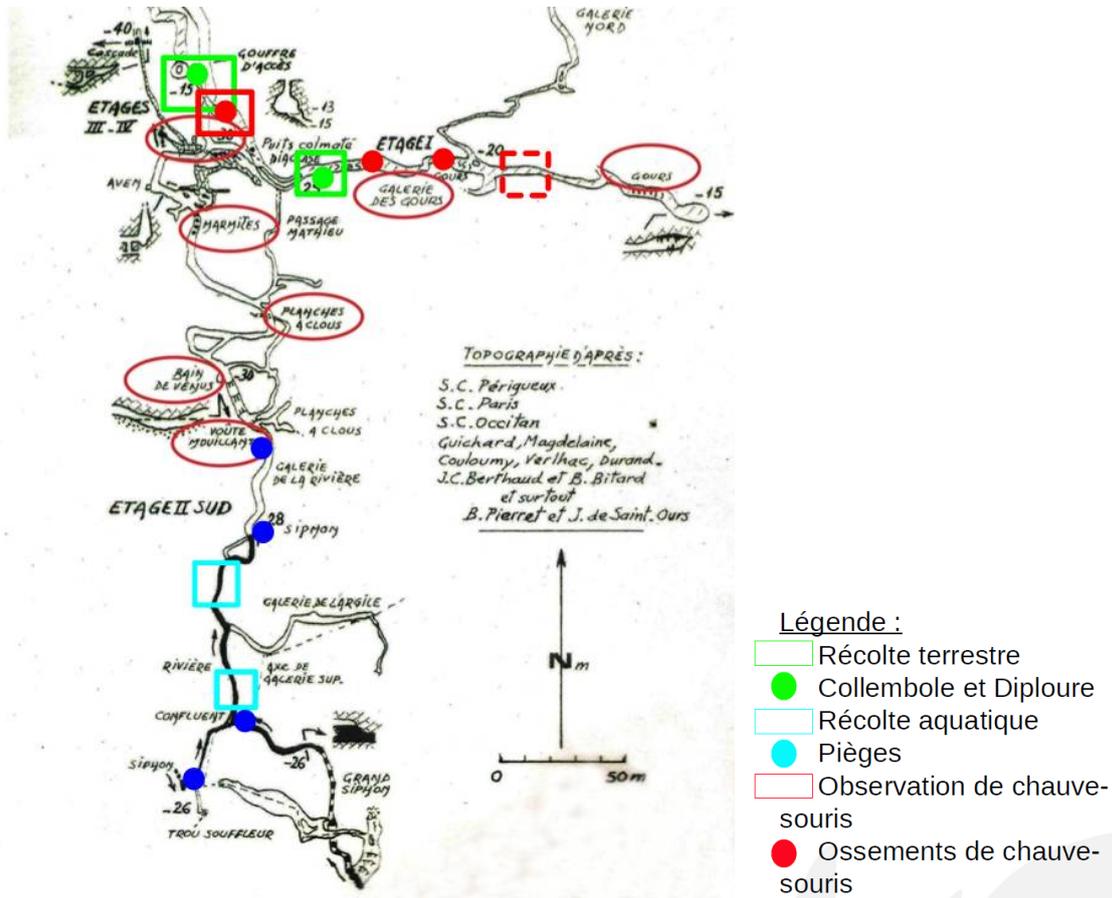


Figure 22: Lieux d'observation et de récolte

### 5.3.1 Les bactéries

- Bacteria sp1. jaune
- Bacteria sp2 bleu
- Bacteria sp3 rose



Photo 14: Bacteria sp1 et sp2 (B. LEBRETON)



Photo 15: Bacteria sp3 (B. LEBRETON)

### 5.3.2 Les champignons

- Fungi sp1 sur guano de Chiroptera
- Fungi sp2
- Fungi sp3
- Fungi sp4



Photo 16: *Fungi sp1* (O. CAUDRON)



Photo 17: *Fungi sp2* (B. LEBRETON)

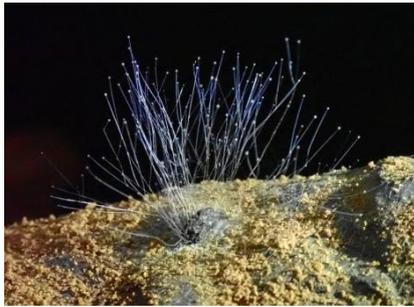


Photo 18: *Fungi sp3* (S. FRONT)



Photo 19: *Fungi sp4* (A. ROLLAND)

### 5.3.3 Les plantes

- *Asplenium adiantum nigrum* Linnaeus, 1753
- *Asplenium scolopendrium* Linnaeus, 1753
- *Asplenium trichomanes* Linnaeus, 1753
- Mousse sp.



Photo 20: *Asplenium trichomanes* Linnaeus (A. NODARI)



Photo 21: *Asplenium scolopendrium* Linnaeus (A. NODARI)



Photo 22: *Asplenium adiantum nigrum* Linnaeus (A. NODARI)



Photo 23: *Mousse sp.* (A. ROLLAND)

### 5.3.4 Les invertébrés

#### Animalia: Annelida:

- *Oligochaeta* sp.



Photo 24: *Oligochaeta* sp (B. LEBRETON)



Photo 25: *Eschatocephalus vespertilionis* (A. ROLLAND)

#### Animalia: Arthropoda: Arachnida: Acari:

- Acari sp. 1
- Acari sp. 2 (parasite sur Diptera) (voir Diptera : Brachycera sp2)
- *Eschatocephalus vespertilionis* (C. L. Koch, 1844)

#### Animalia: Arthropoda: Arachnida: Araneae:

- Araneae sp. 1
- Araneae sp. 2
- Araneae sp. 3
- *Metellina merianae* (Scopoli, 1763)



Photo 26: Araneae sp. 1 (A. NODARI)



Photo 27: Araneae sp. 2 (A. ROLLAND)



Photo 28: Araneae sp. 3 (A. ROLLAND)



Photo 29: *Metellina merianae* (B. LEBRETON)

**Animalia: Arthropoda: Entognatha: Collembola:**

- Collembola sp.

**Animalia: Arthropoda: Entognatha: Diplura:**

- Diplura sp.



*Photo 30: Diplura sp. (A. ROLLAND)*

**Animalia: Arthropoda: Insecta: Coleoptera:**

- Staphylinidae sp. 1
- Staphylinidae sp. 2
- Staphylinidae sp. 3
- Coleoptera larve



*Photo 31: Staphylinidae sp.1 (A. ROLLAND)*



*Photo 32: Staphylinidae sp.1 (A. ROLLAND)*



*Photo 33: Coleoptera larve (A. NODARI)*

**Animalia: Arthropoda: Insecta: Diptera:**

- Brachycera sp. 1
- Brachycera sp. 2
- Brachycera sp. 3
- Brachycera sp. 4
- Brachycera sp. 5
- Limonia nubeculosa* Meigen, 1804
- Nematocera sp. 1
- Nematocera sp. 2
- Nematocera sp. 3
- Nematocera sp. 4



Photo 34: *Brachycera* sp. 1 (A. ROLLAND)



Photo 35: *Brachycera* sp. 2 (A. ROLLAND)



Photo 36: *Limonia nubeculosa* (A. NODARI)



Photo 37: *Nematocera* sp. 1 (A. ROLLAND)

**Animalia: Arthropoda: Insecta: Lepidoptera:**

- Lepidoptera sp.
- Scoliopteryx libatrix* (Linneus, 1758).
- Triphosa* sp.



Photo 38: *Scoliopteryx libatrix* (B. LEBRETON)



Photo 39: *Triphosa* sp. (A. ROLLAND)

**Animalia: Arthropoda: Insecta: Trichoptera:**

- Trichoptera sp. 1 (in copula)
- Trichoptera sp. 2



Photo 40: *Trichoptera sp.2* (A. ROLLAND)



Photo 41: *Trichoptera sp.1* In copula (A. NODARI)

**Malacostraca: Isopoda (aquatiques):**

- Caecosphaeroma (Vireia) burgundum* Dollfus, 1898 [Stygobie]



Photo 42: *Caecosphaeroma (Vireia) burgundum* Dollfus (A. ROLLAND)

**Animalia: Arthropoda: Malacostraca: Isopoda [Terrestres]:**

- Isopoda sp.

**Myriapoda: Chilopoda:**

- Glomeris* sp.
- Chilopoda sp. (exuvie)



Photo 43: *Chilopoda sp. (exuvie)* (B. LEBRETON)

**Animalia: Arthropoda: Myriapoda: Diplopoda:**

- Polydesmus* sp.
- Trachysphaera lobata* (Ribaut, 1954)

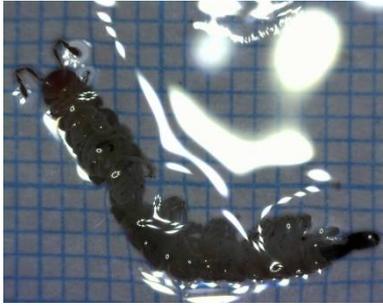


Photo 44: *Polydesmus sp. 1* (A. NODARI)



Photo 45: *Trachysphaera lobata* (A. ROLLAND)

**Animalia: Chordata: Amphibia: Anura:**

- *Bufo spinosus* (Dodin, 1803)



Photo 46: *Bufo spinosus* (A. ROLLAND)

**Animalia: Chordata: Amphibia: Urodela:**

- *Salamandra sp.*
- *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758)
- *Triton sp.*
- *Triturus marmoratus* (Latreille, 1800)



Dessin 1: *Salamandra sp.* (A. NODARI)

**Animalia: Mollusca: Gastropoda: Stylommatophora:**

- *Clausilia sp.*
- *Discus rotundatus* (O. F. Müller, 1774)
- *Oxychilus sp.*
- *Stylommatophora sp.*



Photo 47: *Discus rotundatus* (B. LEBRETON)



Photo 48: *Oxychilus* sp. (à gauche) et *Clausilia* sp. (à droite) (A. NODARI)

### 5.3.5 Les vertébrés

**Animalia: Chordata: Aves :**

- *Troglodytes troglodytes* (Linnaeus, 1758)

**Animalia: Chordata: Mammalia: Chiroptera:**

- Chiroptera sp. (ossements)
- *Rhinolophus euryale* (Blasius, 1853) [Troglophile]
- *Rhinolophus ferrumequinum* (Schreiber, 1774)



Photo 49: *Troglodytes troglodytes* (A. NODARI)



Photo 50: *Rhinolophus ferrumequinum* (A. NODARI)



Photo 51: Chiroptera sp. (ossements) (B. LEBRETON)

## 5.4 Liste provisoire des espèces connues du milieu souterrain du Trou du Vent

Espèces	Avant 2021	2021
<b>Bacteria:</b>		
●Bacteria sp1 jaune		X
●Bacteria sp2 bleu		X
●Bacteria sp3 rose		X
<b>Fungi:</b>		
●Fungi sp1		X
●Fungi sp2		X
●Fungi sp3		X
●Fungi sp4		X
<b>Plantae:</b>		
● <i>Asplenium adiantum nigrum</i> Linnaeus, 1753		X
● <i>Asplenium scolopendrium</i> Linnaeus, 1753		X
● <i>Asplenium trichomanes</i> Linnaeus, 1753		X
●Mousse sp.		X
<b>Animalia: Annelida:</b>		
●Oligochaeta sp.		X
<b>Animalia: Arthropoda:</b>		
<b>Arachnida: Acari:</b>		
●Acari sp. 1		X
●Acari sp. 2 (parasite sur Diptera)		X
● <i>Eschatocephalus vespertilionis</i> (C. L. Koch, 1844)		X
<b>Arachnida: Araneae:</b>		
●Araneae sp. 1		X
●Araneae sp. 2		X
●Araneae sp. 3		X
● <i>Metellina merianae</i> (Scopoli, 1763)		X
<b>Entognatha: Collembola:</b>		
●Collembola sp.		X

<b>Entognatha: Diplura:</b> ●Diplura sp.		X
<b>Insecta: Coleoptera:</b> ●Coleoptera sp. (larve) ●Staphylinidae sp. 1 ●Staphylinidae sp. 2 ●Staphylinidae sp. 3		X X X X
<b>Insecta: Diptera:</b> ●Brachycera sp. 1 ●Brachycera sp. 2 ●Brachycera sp. 3 ●Brachycera sp. 4 ●Brachycera sp. 5 ●Limonia nubeculosa Meigen, 1804 ●Nematocera sp. 1 ●Nematocera sp. 2 ●Nematocera sp. 3 ●Nematocera sp. 4		X X X X X X X X X X
<b>Insecta: Lepidoptera:</b> ●Lepidoptera sp. ●Scoliopteryx libatrix (Linnaeus, 1758) ●Triphosa sp.		X X X
<b>Insecta: Trichoptera:</b> ●Trichoptera sp. 1 (in copula) ●Trichoptera sp. 2		X X
<b>Malacostraca: Amphipoda:</b> ●Niphargus sp. [Stygobie] (traces)	X	
<b>Malacostraca: Isopoda (aquatiques):</b> ●Caecosphaeroma (Vireia) burgundum Dollfus, 1898 [Stygobie]	X	X
<b>Malacostraca: Isopoda (terrestres):</b> ●Isopoda sp.		X
<b>Myriapoda: Chilopoda:</b> ●Chilopoda sp. (exuvie)		X

<b>Myriapoda: Diplopoda:</b>		
● <i>Glomeris</i> sp.		X
● <i>Polydesmus</i> sp.		X
● <i>Trachysphaera lobata</i> (Ribaut, 1954)		X

<b>Animalia: Chordata:</b>		
<b>Amphibia: Anura:</b>		
● <i>Bufo spinosus</i> (Dodin, 1803)		X
<b>Amphibia: Urodela:</b>		
● <i>Salamandra</i> sp.	X	
● <i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)		X
●Triton sp.		X
● <i>Triturus marmoratus</i> (Latreille, 1800)		X
<b>Aves</b>		
● <i>Troglodytes troglodytes</i> (Linnaeus, 1758)		X
<b>Mammalia: Chiroptera:</b>		
●Chiroptera sp. (ossements)		X
● <i>Rhinolophus euryale</i> (Blasius, 1853) [Troglophile]		X
● <i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreiber, 1774)	X	X
● <i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	X	

<b>Animalia: Mollusca:</b>		
<b>Gastropoda: Stylommatophora:</b>		
● <i>Clausilia</i> sp.		X
● <i>Discus rotundatus</i> (O. F. Müller, 1774)		X
● <i>Oxychilus</i> sp.		X
●Stylommatophora sp.		X

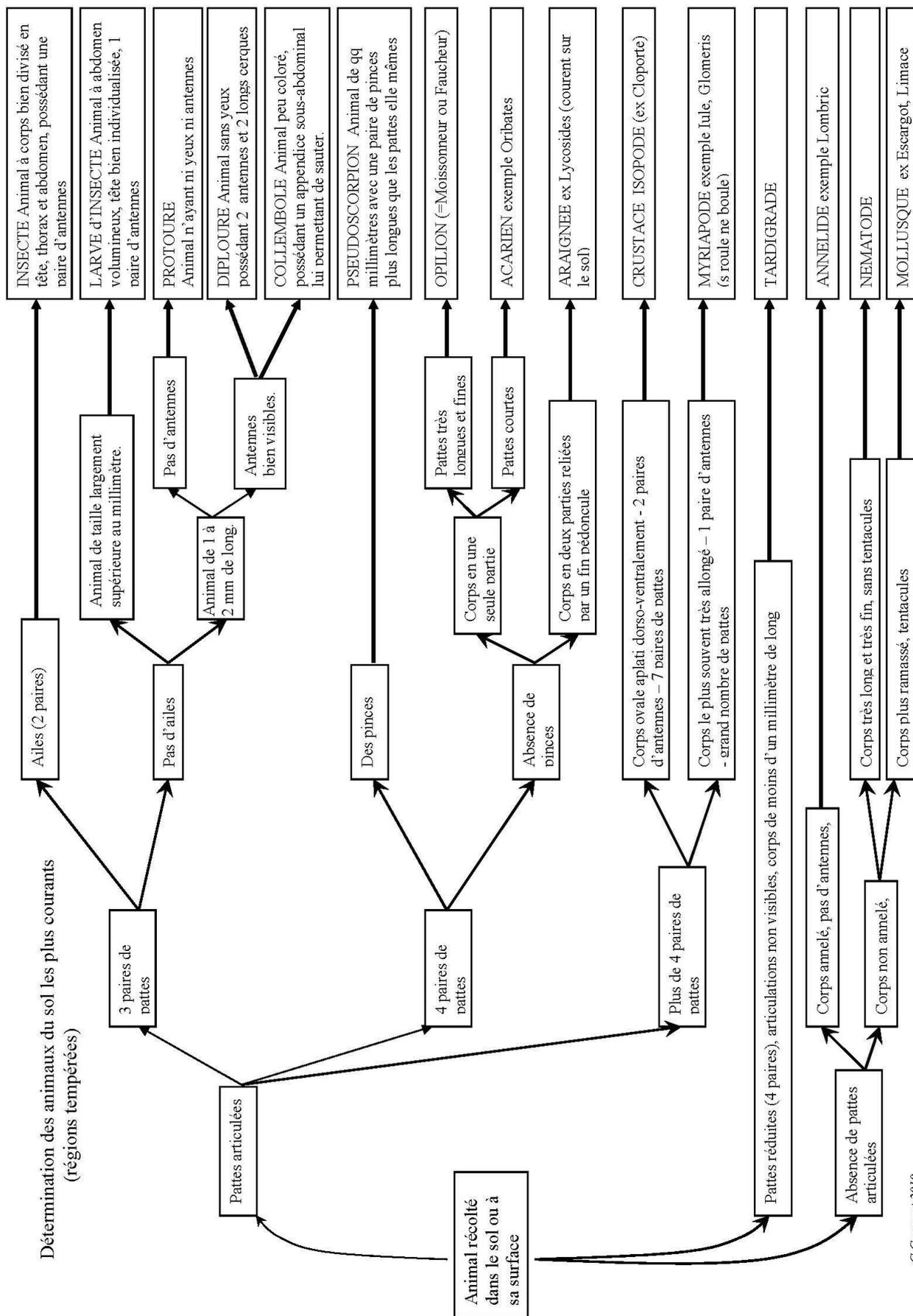
<b>Total des espèces:</b>	<b>5</b>	<b>58</b>
---------------------------	----------	-----------



Dessin 2: Bernard Lebreton, croqué par Angélika Nodari



## 5.5.2 Clé d'identification faune du sol



## 6 Mesures de CO2

Durant la semaine de stage, des mesures de CO2 ont été effectuées en différentes parties de la cavité.

Date	Localisation dans la cavité	Valeur relevée
12/10/21	Carrefour galerie Cathala	1,63 %
12/10/21	Confluence rivière amont	0,57 %
12/10/21	Plage avant voûte mouillante	0,25 %
12/10/21	A la galerie de la boue	0,6 %

Tableau 6: Mesures de CO2

Ces mesures mettent en évidence la présence plus importante du CO2 dans certaines zones, la plus importante se situe dans la galerie Cathala.

## 7 Préconisations

### 7.1 Analyse des enjeux et documentation de la cavité

#### Préservation de l'enjeu chauves-souris

Afin d'éviter tout dérangement pour les Grands Rhinolophes (Rfe) et les Rhinolophes Euryale (Reu) dans la zone d'entrée pendant la période de transit, les visites pendant le mois d'octobre pourraient être interdites. Et du 01 octobre au 31 mars, l'accès à la galerie des chauves-souris pourrait être interdit. Concernant la « galerie des chauves-souris » le restant de l'année, elle ne présente pas grand intérêt pour la visite de la cavité et pourrait donc être réservée uniquement aux visites destinées à des études spécifiques. Un panneau pourrait être mis à l'entrée de la galerie, signalant de ne pas y aller pour protection des chauves-souris.

Il serait intéressant d'évaluer l'utilisation de cette galerie par les chauves-souris, aux périodes de transit (printemps/automne) et en période de reproduction (juin-juillet). A cet effet, il pourra être effectué un suivi de la présence ou non des chauves-souris, accompagnée par les personnes compétentes. Les recommandations pourront être adaptées en fonction des résultats.

#### Préservation de l'enjeu amphibiens/batraciens

Le bas du puits est fréquenté par des amphibiens et des batraciens qui sont des espèces protégées. Il serait souhaitable de mettre un petit panneau en bas du puits précisant de faire attention à ne pas les écraser ni les toucher.

#### Préservation de l'enjeu spéléothème

Quelques jolies coulées de calcite avec des micro-gours ne sont pas loin du cheminement. Il serait bien de prévoir un balisage au sol pour ne pas souiller ces spéléothèmes : les bains de Vénus, la coulée de calcite en face du puits remontant dans la zone 4, sur la droite en allant vers la rivière.

#### Préservation des impacts anthropiques

Des déchets sont présents à plusieurs endroits (dépôts de carbure, morceaux de verre, anciennes piles ou ampoules flash photo, plastiques, boîtes de conserves). Il serait bien de prévoir une opération de nettoyage dans les zones concernées (ascenseur, galerie supérieure, planches à clous)

### 7.2 Topographie

De nombreux Points Topographiques (PT) matérialisés ont été fixés au départ de certaines galeries pour permettre la suite du travail topographique et ainsi la suite des explorations.



Photo 52: Points topo importants matérialisés sur les parois

## Balisage des zones sensibles

Nous avons distingué deux zones qu'il nous paraît important de protéger :

- Les gours de la galerie "Est" : protection par la création d'un cheminement matérialisé avec des sardines inox et de la cordelette de faible diamètre.
- Le Bain de Vénus : installation d'un panneau "pédagogique" expliquant la fragilité du lieu ainsi que des conseils d'accès (enlèvement des bottes, chaussures, gants, ...) ou mise en place d'une échelle ou de marche en inox pour éviter la pose des bottes et chaussures sales sur la coulée.

## Historique des explorations topographiques et toponymie

Il nous semble également primordial d'effectuer des recherches approfondies afin de retrouver d'anciennes données topographiques réalisées au cours des années. De nombreux spéléologues ont réalisé des plans plus ou moins complets et sont peut-être encore en possession d'éléments exploitables (minute topo) avec des moyens modernes (logiciel topo). Une attention pourra aussi être portée sur la toponymie afin d'homogénéiser les appellations afin d'éviter de renommer des lieux qui ont déjà été "baptisés" par les anciens.

## Appels à projets

Nous avons distingué deux possibilités pour réaliser la suite de la topographie :

- L'organisation de journée ou de week-end de formation sur la topographie serait une solution pour continuer le travail topographique de la cavité ;
- Inviter les visiteurs à apporter leurs contributions pour le travail collectif.

Important : La nomination d'un "réfèrent" pour récolter l'ensemble des données topographiques nous semble un élément clé pour la réussite de ce projet.

## **7.3 Hydrogéologie**

### Traçage

Le traçage réalisé montre qu'il n'y a vraisemblablement aucune diffluence dans le cours d'eau souterrain, puisque pratiquement toute la fluorescéine est ressortie par l'exurgence.

Il est recommandé de réaliser des traçages à d'autres régimes d'écoulement.

Afin d'améliorer la connaissance du bassin versant associé à la source, des traçages sur le système amont (post-siphon) de la rivière souterraine pourraient être réalisés.

### Moyen de suivi du débit d'eau

L'installation d'une échelle limnimétrique à la source et la réalisation d'une courbe de tarage permettraient de suivre le débit du système en continu.

### Conclusion concernant la présence des spéléos et la qualité de l'eau

Au vu des conclusions de l'étude sur la turbidité, montrant un impact minime de leur présence, la circulation des spéléologues dans l'actif souterrain n'a pas besoin d'être interdite ou limitée.

## 7.4 Biospéologie

### Constatations

- Nous avons trouvé très peu d'informations dans la bibliographie sur des observations biospéléologiques dans le Trou du Vent.
- L'inventaire réalisé pendant le stage équipier environnement est provisoire et mérite d'être complété pour être consolidé.
- Dans la bibliographie, nous avons trouvé des éléments sur les chiroptères dont nous avons trouvé la présence dans la cavité.
- Nous avons constaté une faible présence de salamandre et de tritons.
- Avant notre inventaire provisoire de 2021, 5 espèces avaient été observées. Suite à l'inventaire biospéléologique réalisé pendant ce stage équipier environnement, nous avons recensé 58 espèces différentes dont 3 qui avaient déjà été observées.

### Propositions

- Lancer à une échéance fixée une étude plus complète sur la biodiversité de la cavité.
- Supprimer la grille de l'entrée pour la remplacer par un grillage de protection du même type de la fontaine de Bouzic.
- Mieux informer les éventuels futurs visiteurs en ce qui concerne la faune cavernicole de cette cavité.
- Ne pas sortir les amphibiens, qui sont comme tous les chiroptères et certains coléoptères des espèces protégées que l'on ne doit pas transporter.
- A titre d'exemple, un panneau extérieur ou à l'intérieur de la cavité explicatif et / ou une plaquette sur le site de la mairie et du CDS 24.

Ce stage, axé sur la découverte de la biodiversité souterraine, a permis, à des spéléologues, d'approcher à la fois la spéléologie et la biospéologie. La biospéologie est une science relativement jeune, apparue, en France, vers 1830. Pour étudier la biologie souterraine, il faut aller sous terre, affronter ses peurs et toutes les barrières psychologiques que l'on connaît. L'expérience, à l'unanimité de toute l'équipe, doit être renouvelée.