

Stage national

" Equipier scientifique 2001 "

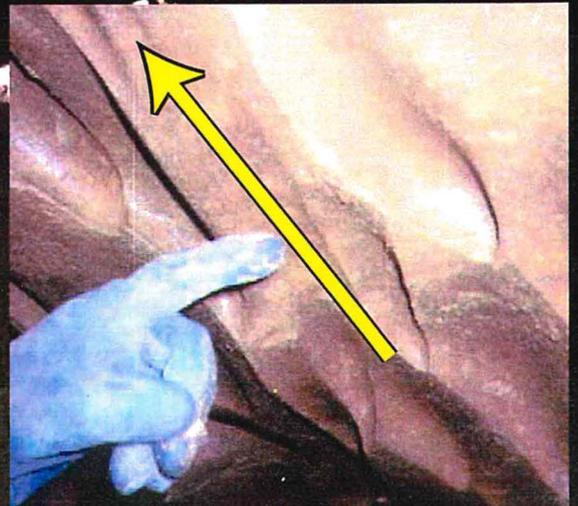
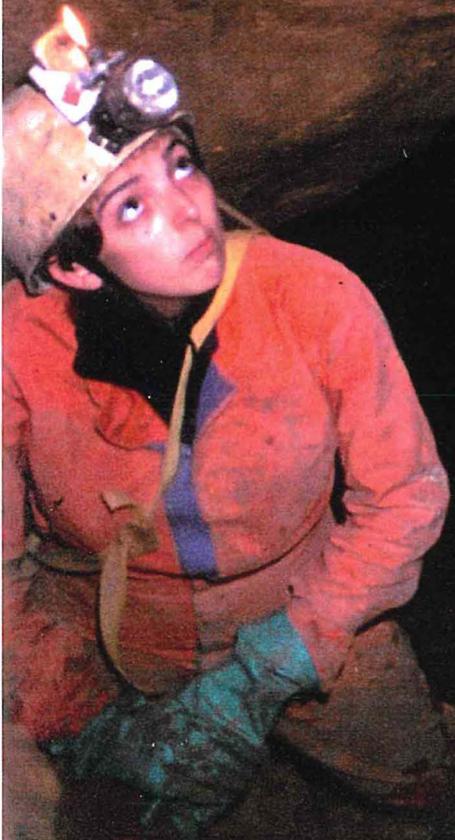
module 2 du cursus moniteur

23 au 28 juillet 2001



Caborne de Menouille

Jura



Fédération Française de Spéléologie
Ecole Française de Spéléologie
28 rue Delandine – 69 002 Lyon

Un stage organisé avec le concours
de la
commission scientifique
de la
Fédération Française de Spéléologie

Stage national « **EQUIPIER SCIENTIFIQUE 2001** »
Module 2 du cursus moniteur fédéral de spéléologie

23 au 28 juillet 2001

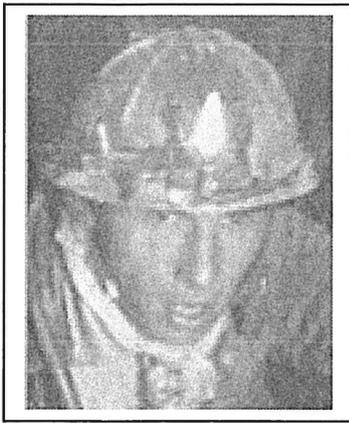
Caborne de Menouille

Cernon – Jura

TOPOGRAPHIE, BIOSPELEOLOGIE, GEOMORPHOLOGIE, HYDROGEOLOGIE

Stage agréé par l'Ecole Française de Spéléologie

Photo de couverture : Des coups de gouges, à l'entrée de la Salle à manger, laissent supposer que la Caborne de Menouille a fonctionné un temps comme perte glaciaire. Cliché : S. JAILLET.



Préface

LORSQUE STEPHANE ME SOLLICITA, au fond de ma semi-retraite, pour animer une partie du stage scientifique à la Caborne de Menouille, je fus vite séduit. D'abord parce que le choix de ce site me paraissait pertinent pour un tel stage. Ensuite parce que c'était pour moi la perspective d'un retour à mes premières amours, à cette cavité qui fut pour moi la *caverne initiatique*. J'acceptai donc.

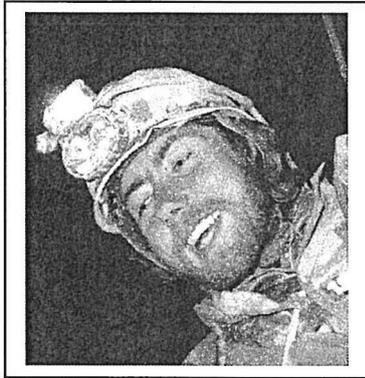
En effet, au début des années 1960, après quelque temps passé à arpenter quantité de modestes trous jurassiens, c'est dans la Caborne de Menouille que je réalisai mes premières *explorations d'envergure*. Et pas de tout repos, les expéditions de l'époque ! Cela commençait souvent par 40 kilomètres à vélo, chargé comme un mulet, au départ de Lons-le-Saunier. Puis, équipé de façon très rudimentaire - blue-jean et vieux pull - il fallait affronter les 300 premiers mètres de la grotte, en rampant dans des passages bas et boueux, inondés lors des pluies ; il fallait pomper un siphon pour accéder à la suite ; il fallait se hâter, toujours, sous peine d'être bloqué au retour par le siphon à nouveau rempli. Les jeunes générations ne connaissent pas ces plaisirs masochistes, la zone d'entrée de la grotte étant désormais transformée en tunnel ! Dans ces conditions précaires, nous avons pourtant entrepris de multiples désobstructions avec marteau et burin ou des kilos d'explosifs ; nous avons réussi des escalades à l'aide de mâts aussi fragiles que lourds ; nous avons mis en œuvre des pompes imposant le transport harassant d'un matériel inhumain, sur des distances inhumaines... Récompense final, je parvins en 1964 à relier le gouffre de Cernon et la Caborne, ce qui en fit à l'époque la plus longue et la plus profonde cavité de la région, avec 5600 m de développement et 157 m de dénivellation. Une rude école physique...

C'est également là que je fus confronté, pour la première fois, à la *spéléologie appliquée*. Nos explorations s'intégraient aux études menées par l'Electricité de France, en vue de la construction du vaste barrage de Vouglans, tout proche. Des centaines de mètres de galeries du réseau devinrent, de ce fait, un chantier animé, où nous eûmes à côtoyer des entreprises qui réalisaient un semi-aménagement : perforateurs, rails Decauville, treuils, explosifs, pompes, scellements, poses d'échelles fixes et de limnigraphes, etc., n'eurent bientôt plus de secrets pour nous. A l'autre extrémité du réseau, le gouffre de Cernon devint en 1964 un déversoir des égouts du village : j'entrepris alors, mais en vain, un recours auprès de l'Agence de Bassin. Politique et finance passaient outre, déjà, au respect de la réglementation, de l'environnement et du bon sens. Un rude école de la vie...

C'est enfin à Menouille que j'appris ce qu'était *l'étude globale d'un réseau*. Très vite, je devins le coordinateur du club, pour l'étude morpho-tectonique du massif de Cernon, pour les levés et reports topographiques du réseau, pour les colorations et mesures de débits, pour les observations morphologiques sur les conduits et les remplissages - avec Philippe Renault, dans ce dernier domaine... Corollaire obligé, j'eus à rédiger des synthèses, tant pour les rapports sollicités par E.D.F., que pour les revues spéléologiques. Une bonne école, qui fit de moi un adepte de la karstologie, et plus généralement un "spéléologue", au sens premier du terme.

Tout ça date déjà de 30 à 40 ans. En me faisant venir à ce stage, Stéphane m'a permis d'exhumer des souvenirs, de revoir des lieux, de croiser des fantômes. C'est à lui que je dois l'émotion qui m'étreignit devant les dépôts fluvio-glaciaires du "Super-Menouille", prolongements que j'avais découverts en 1960 et où je n'étais pas revenu depuis plus de 30 ans !

Jean-Claude FRACHON



Editorial

QUATRIEME ANNEE DEJA, et le stage est toujours là. Plus que jamais même... Loin des quelques détracteurs qui avaient prédit : « ça ne marchera pas », nous voici au terme de quatre fois une semaine : un mois de stage « Equipier scientifique ».

Du Doubs à l'Aveyron, de l'Ardèche au Jura, le stage se balade, migre, se déplace, mais toujours garde son esprit, celui de la formation des spéléologues aux techniques scientifiques de base, aux techniques de l'observation. Point de grands discours, mais des mesures, des relevés dont le présent rapport rend compte avec fidélité et se veut la vitrine de cette semaine de terrain. Le stage reste aussi un formidable lieu d'échanges et de rencontres. Au gré des stages, une partie de l'équipe d'encadrement reste fidèle, une partie change à chaque fois et c'est très bien ainsi.

Et puis cette année aura été marquée par la présence de deux Belges propulsant soudainement notre stage dans le monde international. Notre volonté est d'ailleurs, à terme, de poursuivre dans cette voie et d'accueillir chaque année quelques étrangers qui nous font le plaisir de partager leurs expériences et leur spécialité locale.

Même si était présent un certain nombre de fins gourmets on ne pourra pas retenir de cette semaine, le caractère gastronomique exceptionnel de l'alimentation. Mais qu'importe, loin des boites de Mont d'Or, loin du fameux vin jaune, nous avons profité de la Caborne, des ces galeries aux sens d'écoulements déroutants, de ses remplissages glaciaires imposants et des ses aménagements historiques étonnants¹.

A bientôt donc sur de nouveaux karsts pour de nouveaux stages « Equipier scientifique » et d'ici là, bonne lecture...

Stéphane JAILLET

¹Et de son Frachon excellent...

Le stage

Participants
Programme
Référentiel
Questionnaire après stage
Compte rendu journalier

PARTICIPANTS

Christian BOUDSOCQ

2, rue Félix Eboué - 78800 HOUILLES
auto-liss@wanadoo.fr

Thierry DUBOURGET

Merloz –
01250 HAUTECOURT ROMANECHÉ

Jean-Luc FRONT

110, rue du rayon d'or - 45560 ST DENIS
EN VAL
gas@mageos.com

Alain GOBART

36, allée des Chevriers - 74320 SEVRIERS
alaing1@free.fr

Patrick HENRY

CASTAN - 12510 DRUELLE
henry-pat@wanadoo.fr

Delphine JACONELLI

10, place de France –
31130 BALMA

Dominique JEAN

Route de Gaillac –
81140 CAHUZAC SUR VERRE

Benoît LEBEAU

rue de l'aurore 59 - B-5100
JAMBES/NAMUR
blebeau@cybertech-europe.com

Josiane LIPS

4, avenue Salvador Allende –
69100 VILLEURBANNE
josiane.lips@free.fr

Alain MORENAS

route de Vaison la Romaine –
26110 MIRABEL AUX BARONNIES

Robert ROUVIDANT

122bis rue Melle BOURGEOIS - 58000
NEVERS
robert.rouvidant@wanadoo.fr

Karl WILLEMS

Roderostraast 9 - 9000 GENT – Belgique
karl.willems@pi.be

ENCADRANTS ET INTERVENANTS

Didier CAILHOL

7, rue du Lomont
25310 PIERREFONTAINE LES
BLAMONT
DIDIER.CAILHOL@wanadoo.fr

Gérard CAZES

1, rue de l'Oliveraie
34740 VENDARGUES
gerard.cazes@wanadoo.fr

Alain COUTURAUD

7, rue Baracane
84000 AVIGNON
alain.couturaud@wanadoo.fr

Thibault DATRY

50, rue Burdeau
69001 LYON

Jean-Claude FRACHON

rue de l'Eglise
39800 COLONNE
frachon.jclaud@wanadoo.fr

Fabien HOBLEA

1580, route de l'Epine
73290 LA MOTTE SERVOLEX
fabien.hoblea@univ-savoie.fr

Stéphane JAILLET

3, voie des mares
55000 VILLE SUR SAULX
stephane-corinne.jaillet@wanadoo.fr

Marc LATAPIE

25, Impasse des Bouleaux
71500 LOUHANS

Rémy LIMAGNE

54 route du Pont de la Chaux
39300 CHATELNEUF
limagne@club-internet.fr

Marie-José TURQUIN

HBES Bat 403.
Domaine scientifique de la Doua
69622 VILLEURBANNE Cedex
marie-jose.turquin@univ-lyon1.fr

Christophe TSCHERTER

le Bourg
43260 ST HOSTIEN
christophe.tscherter@wanadoo.fr

Stage national

“ Equipier scientifique 2001 ”

module 2 du cursus moniteur

Du lundi 23 au samedi 28 juillet 2001

*Organisé par l'Ecole Française de Spéléologie,
avec le soutien de la commission scientifique nationale.*

Cadre pédagogique :

L'objectif est de former des spéléologues à l'approche scientifique du karst. Les stagiaires, à l'issue du stage, sauront assister des équipes scientifiques dans la prise de mesures (topo, morpho, hydro...) ou dans la réalisation d'opérations de plus grande envergure. Il s'agit certes en partie d'une approche théorique du karst, mais surtout pratique. La formation est au maximum axée sur le terrain, sur la technique du levé (topo, coupe, échantillonnage...) et sur l'idée de remonter une information claire, cohérente et exploitable de sous terre. C'est cette compétence technique que nous souhaitons valoriser chez le spéléologue pour en faire un véritable technicien scientifique de l'endokarst.

Les stagiaires sont tous des spéléologues. Ils sont autonomes sous terre en progression avec un kit pour une sortie de 6 à 8 heures. Ils connaissent déjà la topographie et au minimum la méthode graphique du report. Les stagiaires titulaires du diplôme d'initiateur valide le module 2 du cursus moniteur.

Nombre prévu de stagiaire : 12 à 16.

Cadre géographique :

Le stage se déroulera autour de la Caborne de Menouille. Le thème central sera l'étude, en petite équipe, de certains secteurs clé de la cavité, secteurs qui seront le support d'un ou plusieurs aspects dont la problématique peut être cernée facilement et rapidement. (Hydrologie, Géomorphologie, Biospéologie...)

AVERTISSEMENT

Tout l'esprit du stage est basé sur l'autonomie des stagiaires. Pendant une grande partie du stage (2,5 jours) les stagiaires fonctionnent en équipes autonomes sur un sujet (défini en commun). Bien sûr des intervenants et des cadres sont présents, mais ils ne font qu'apporter un complément d'information sur un travail qui est avant tout celui des stagiaires.

Hébergement :

Hébergement en dur à la base de Bellecin (entre Oyonnax et Lons le Saunier) Carte IGN 1/250.000 - 109.
Localisation à quelques kilomètres de la cavité.

Intervention et organisation :

En fonction des potentialités de la cavité, mais aussi en fonction du contenu pédagogique du stage, un certain nombre d'intervention sont prévus.

De même, le suivi des équipes, l'organisation des journées et l'administration est organisé autour de 4 ou 5 instructeurs ou instructeurs en cycle.

Programme prévisionnel : (provisoire)

Le lundi : Contexte régional

Le Mardi : La cavité étudiée (définition des problématiques)

Mercredi à Vendredi : Travail en autonomie sur les thèmes

- Lundi :** Matin : 9 h 00 : Accueil, départ excursion,
 AM : Contexte géographique et géologique régional
 Soir : Mise au point contexte, Intervention : historique des explos
- Mardi :** Journée : Visite en groupe de la Caborne de Menouille.
 Définition des problématiques et des thèmes d'étude
 Soir : répartition des 5 équipes (3 par équipe) et des thèmes par sites.
 Intervention (1/2 heure environ)
- Mercredi :** Matin : Relevé des sites
 AM : relevé des sites, début mise au propre.
 Soir : Intervention (1/2 heure environ)
- Jeudi :** Matin : Ateliers Hydro, Bio, Géomorpho, Localisation
 AM : relevé des sites, mise au propre.
 Soir : Intervention (1/2 heure environ)
- Vendredi :** Matin : Relevé des sites
 AM : Mise au propre documents, rédaction rapport, et présentation des travaux
 Soir : Soirée
- Samedi :** Matin (rangement et départ)

Conseil de Lecture : (avant le stage)

Les stagiaires doivent être autonome en topographie. Ils doivent aussi avoir des bases dans le domaine des sciences de la terre en général :

Quelques lectures utiles :

- Collignon** – 1988 – Spéléologie approches scientifiques. Edisud
Maire – 1980 – Elements de karstologie physique. Spélunca spécial
Audetat – 1986 – Notions de géologie, géomorphologie et hydrologie à l'usage des spéléologues. Cours SSS.
Prophete – 1998 – Topographie souterraine. DI EFS
Holvoet Pluchon – 1996 – Elements de géologie. DI EFS
Jaillet – 1994 – Les grands massifs karstiques de la France. DI EFS
Darne – 1997 – Approche de la biospéologie. DI EFS
Jaillet Darne – 1996 – Elements de karstologie. DI EFS
Aimé Rouzaud – 1996 – Spéléologie, Archéologie, Paléontologie et préhistoire, DI EFS
Holvoet – 1987 – Cartographie, Orientation et étude de cartes, Cahier EFS n°2
Guillot – 1994 – Spéléologie et archéologie, Cahier EFS n°6
Bauer – 1997 – Principes de karsologie physiques, Cahier EFS n°7

Liste évidemment non exhaustive

Rapport et après stage :

Un rapport sera édité à l'issue du stage. Le rapport du stage 98 a été tiré à 50 exemplaires, celui de 99 à 60. Tous les deux ont été analysés dans Spélunca. Le rapport 2000 a été tiré à 100 ex. En outre, un article de synthèse sur les travaux du stage, pourra être réalisé pour la rencontre d'Octobre 2001.

Questionnaire après stage

Sur 12 réponses

Le stage correspondait-il à ce que vous attendiez ?

OUI (12 sur 12 soit 100 %) NON PARTIELLEMENT

L'information avant le stage vous a-t-elle paru suffisante ?

OUI (11 sur 12 soit 91 %) NON (1 sur 12 soit 9 %)

Dites succinctement ce qu'il vous a apporté.

- Revalorisation de l'aspect scientifique de la spéléologie.
- La méthodologie d'une analyse de cavité, interprétation des données, et mise en situation – contexte, époque.
- Travail en équipe, merci à ceux qui m'ont aidé à passer le « P60 », connaissance en bio, apprendre à observer.
- Une semaine de vacances sympa.
- Beaucoup de précisions en géomorphologie et hydrologie.
- Une meilleure connaissance du milieu souterrain, un début de passion pour la biospéléologie.
- Au niveau travail, une méthode et vision plus approfondies et précises. Au niveau connaissance, un plus par les différentes discussions et partages avec les différents participants.
- Pratique dans l'observation.
- Une connaissance du lieu du stage et de la région du Jura. Certains aspects de l'activité scientifique. Bon travail d'équipe / matériels de mesures à utiliser.
- Approfondissement de mes connaissances en géomorpho, hydrologie. Bases en biologie et hydrométrie.
- Ce stage m'a permis de faire tomber des barrières. Je suis arrivé avec l'angoisse de savoir si je pourrais suivre cette formation scientifique et grâce à l'encadrement et au travail d'équipe, j'ai été impressionné par le travail que l'on pouvait fournir en si peu de jours.

Dites succinctement ce qui vous a manqué.

- Ce qui m'a manqué : des pique-niques adaptés.
- Un peu de temps pour l'exploitation des résultats expérimentaux (une demi-journée de plus aurait été nécessaire).
- Une bonne bouffe et un peu de temps pour affiner nos observations et interprétations.
- Du temps.
- Du vin et de la bonne bouffe.
- Quelques jours de plus.
- Un apport de certains détails et parfois de la documentation.
- Démarches théoriques plus formelles.
- Des observations avec leur explication sur le terrain (hydrologie notamment). Des femmes et une bonne bouffe.

Le niveau technique exigé vous paraît il :

NORMAL (11 sur 11, soit 100%) EXCESSIF (0 sur 11, soit 0%) INSUFFISANT (0 sur 11, soit 0%)

Le niveau de connaissance générale

NORMAL (11 sur 11, soit 100%) EXCESSIF (0 sur 11, soit 0%) INSUFFISANT (0 sur 11, soit 0%)

La durée du stage vous semble-t-elle :

NORMAL (8 sur 10, soit 80%) EXCESSIF (0 sur 10, soit 69%) INSUFFISANT (2 sur 10, soit 20%)

Noter votre appréciation de 1 à 5 (1 = très mécontent – 5 = très content) 4,2 = moyenne

Le choix des cavités : 4,5

Nourriture du soir : 2,1

Relations entre stagiaires : 4,9

Matériel : 4,1

Exposé : 4,3

Hébergement : 3,5

Nourriture sous terre : 1,25

Relation avec les cadres : 4,9

Documentation pédagogique : 4,25

Ambiance générale : 4,9

Etes vous prêt à participer à d'autres stages ? OUI (12 sur 12)

Lequel ?

- sans doute le module péda.
- Spéleo-secours en octobre.
- Péda octobre / novembre.
- Module 0.1.3. Bio / secours.
- Module1.
- Module 3, autres stages divers

Vos remarques et suggestions

- Très belle base nautique (cadre de vie), mais mauvaise prestation de son cuisinier.
- Avoir plus de place pour le travail de mise au propre (2 salles)
- Stage très sympa, bon travail dans une ambiance décontractée.
- Il est peut être dommage que des stages comme celui-ci ne soit pas plus promotionné (comme les autres stages). C'est une expérience enrichissante au niveau du rapport entre stagiaires et cadres. Mais c'est peut être à nous d'en faire la promotion aussi.
- Stage très sympa avec une bonne équipe d'encadrement ainsi que l'équipe de stagiaires (surtout Josiane, ou clef de 12).
- Merci à toute l'équipe, je vais essayer d'inviter mes collègues de la fédération flamande. Il y aura certainement un rapport dans notre publication fédérale.
- Stage super ambiance entre stagiaires et cadres. Stagiaires motivés, bon travail. Continuez !! Changer peut-être la date pour que des personnes non disponibles en juillet puissent en profiter.
- Les intervenants devraient fournir un support texte que l'on suivrait pendant les interventions. Scanners, imprimante couleur, transparents, photocopieuse, bon matos pour faire un bon rapport.
- Améliorer la qualité des repas. Ne correspond pas aux besoins de spéléos même peu sportifs.
- Entrer plus rapidement dans le vif du sujet.
- Opter pour des exposés certes plus classiques, mais en reprenant les bases et structures d'approches. Super stage, très enrichissant, à bientôt.
- Intéressant / apport / ambiance groupe. Pour un autre stage, motivation suivant les dates.

Appréciation sur les différents thèmes abordés

Thèmes	1	2	3	4	5	Moyenne
Vie fédérale				3		4
Matériel et technique				1		4
Topo / carto / orientation			3	3	3	4
Biospéologie			1	2	7	
Karstologie / Géologie / Hydro				3	8	
Prévention des accidents / Physiologie Secours / C.A.T.						
Protection milieu			1	6		
Pédagogie / communication			1	2	1	

Vie fédérale :

- Partie peu développée, mais ce n'est sans doute pas le but du stage.
- Spéléo de tout bord avec responsabilité fédérale etc... bon échange entre cadres et stagiaires.
- Je connais aujourd'hui le président de la commission environnement

Matériel et technique :

- Varié, présentation de plusieurs appareils pour les mesures. Informatique suffisante.

Topo / carto / orientation :

- Très bon encadrement et intervenant.
- Je sais que maintenant, je regarderai l'intérieur d'un karst autrement et ferai beaucoup plus attention aux détails. Bon échange au sein du groupe.
- Je n'ai pas choisis la topo parce que je voulais aussi voir des choses nouvelles
- Echange entre stagiaires fructueux, utilisation de toporobot.
- Manque un petit rappel préalable.
- Domaine non travaillé sauf à travers les autres domaines, comme point de support... méthodes de travail.
- Travaux / mise au propre et avec ordinateur.

Biospéologie :

- Très bon encadrement et intervenant.
- Mais manque de documentation de base.
- Cadre compétent et matériel approprié (manque un petit peu de documentation)
- Très bien.
- A travers l'équipe bio et l'atelier bio, de nombreux renseignements sur l'activité.
- Très bonne intervention, mais pas adapté au niveau que l'on peut avoir. Plus monologue qu'interactif.
- Les exposés étaient clairs. C'était ma première rencontre avec cet aspect.

- Exposé en soirée un peu touffu. On a pas vu une seule photos de bestioles, ou dessins.
- Je n'ai pas pu y consacrer beaucoup de temps, dommage !!!
- Exposé trop historique et anecdotique. Les bases pourraient être rappelées (captures, spécificité, classification).

Karstologie / Géologie / Hydro :

- Manque là aussi de diapos pour présenter les formes souterraines.
- Très bon encadrement et intervenant
- Domaine bien travaillé, mais si vaste, que des approches restent à faire.
- Super quand en plus les cadres sont avec nous sous terre c'est génial l'échange se fait plus facilement.
- Très bien d'avoir invité J.C Frachon. Bon explication et clair.
- Etude très intéressante et instructive pour moi.
- Très intéressant. Toutefois le premier jour semble un peu long sur un territoire un peut trop vaste.

Protection du milieu :

- Avec exposés / communication en soirée.
- Vu à travers l'équipe bio et les renseignements hydrologiques, domaine qui a été entrevu.
- Gérard nous a expliqué que les stages scientifiques contribuent à la protection

Pédagogie / communication :

- Très bonne ambiance. Malgré l'ambiance chaleureuse et détendue, un sacré travail a été fait.
- Nous avons pu disposer de support papier et des conseils avisés des spécialistes au moment où nous en avions besoin. Merci et bravo.
- Très bon contact, quelques difficultés rencontrées avec le matos informatique, une préparation aurait été super.
- Il n'y avait pas de péda dans les interventions du soir, sauf Alain (Coucou) a fait des efforts dans son exposé, bondé de questions et d'interactivité.

Compte rendu journalier

LUNDI 23 JUILLET 2001

Accueil des stagiaires, présentation du stage, puis départ pour une journée découverte karstique dans le Jura

Intervenant : Jean-Claude FRACHON © ® ™

Trajet	Km	Horaire	Activités
Bellecin -> Crançot (via Orgelet, Nogna)	32	10:30 – 11:00	Trajet (30')
		11:00 – 12:00	Reculée de Baume les Messieurs, grotte des Romains (remplissages) (1 h)
		12:00 – 12:30	Casse-croûte (30')
Crançot -> Besain (via Pont-du-Navoy)	20	12:30 – 12:50	Trajet (20')
		12:50 – 13:00	Bassin fermé, perte (10')
Besain -> Malrochers	5	13:00 – 13:05	Trajet (5')
		13:05 – 13:20	Lapiaz sous forêt (15')
Malrochers -> Loulle (via Champagnole, Ney)	25	13:20 – 13:45	Trajet (25')
		13:45 – 14:15	Lapiaz découvert (30')
Loulle -> Balerne	10	14:15 – 14:25	Trajet (10')
		14:25 – 14:50	Habillage, marche d'approche (25')
		14:50 – 16:20	Visite grotte de Balerne (1 h 30)
		16:20 – 16:35	Retour aux autos (15')
Balerne -> Fontenu	10	16:35 – 16:45	Trajet (10')
		16:45 – 17:00	Paysage (Chalain, reculée) (15')
Fontenu -> Cernon (via Doucier, Pt de P.)	50	17:00 – 17:50	Trajet (50')
		17:50 – 18:00	Gouffre de Cernon (orifice) (10')
Cernon -> Barrage	5	18:00 – 18:05	Trajet (5')
		18:05 – 18:20	Barrage de Vouglans (15')
Barrage -> Bellecin	10	18:20 – 18:30	Retour à Bellecin (10')
Total	167 km		

Etape 1 : Cluse de la Pyle

La cluse de la Pyle est une diffluence de la vallée de L'Ain. C'est une vallée d'origine glaciaire qui recoupe transversalement un anticlinal.

Etape 2 : Reculée de Baume-les-Messieurs.

Par le bassin fermé de la Thorreigne nous sommes allés vers la reculée de Baume-les-Messieurs. Il s'agit d'une vallée creusée initialement par un glacier puis surcreusée par le ruisseau du Dard, en suivant une faille. Le Dard sort de la grotte de Baume-les-Messieurs. La grotte est aménagée pour les touristes.

Le Dard forme des cascades de tuf en formant quelques galeries.

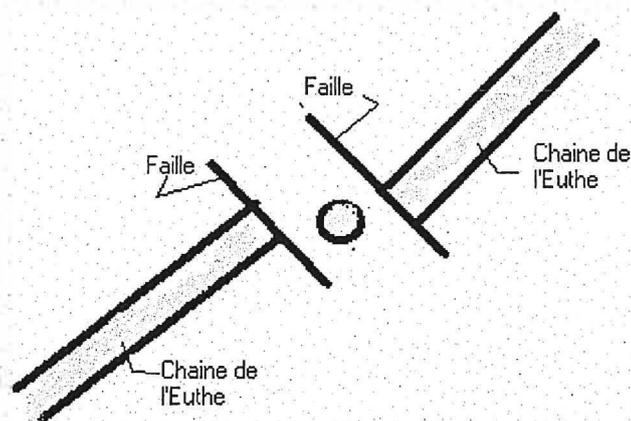
Dans la falaise, au-dessus de la source se trouve la grotte des Romains. Là nous avons observé une stratigraphie de remplissage.

Les falaises sont du calcaire bajocien (Jurassique moyen). En dessous il y a du Lias (Marne) et puis du Trias.

Etape 3 : Colline de l'Euthe

Depuis le bassin fermé de Besain, on observe une butte témoin, isolée de la colline de l'Euthe par deux failles de décrochement.

Plan



Etape 4 : Sentier karstique de Besain

Ce sentier karstique est situé dans une forêt. En dessous de la forêt, il y a un lapiaz. D'après Stéphane Jaillet, il s'agit donc d'un lapiaz sous forêt.

Ce qui est particulier c'est qu'il y a une corrosion plus agressive (mousses et végétation en contact avec la roche). Et on trouve des concrétions même dans les galeries à quelques mètres de profondeur.

Etape 5 : Lapiaz découvert de Loulle

Tout près du village de Loulle se trouve un lapiaz découvert d'environ un hectare. Ce lapiaz est légèrement incliné d'environ 10°. Perpendiculaire à l'axe de la pente il y a un réseau de fissures. Les écoulements se mettent en place dans le sens de la pente hors de toute fissuration.

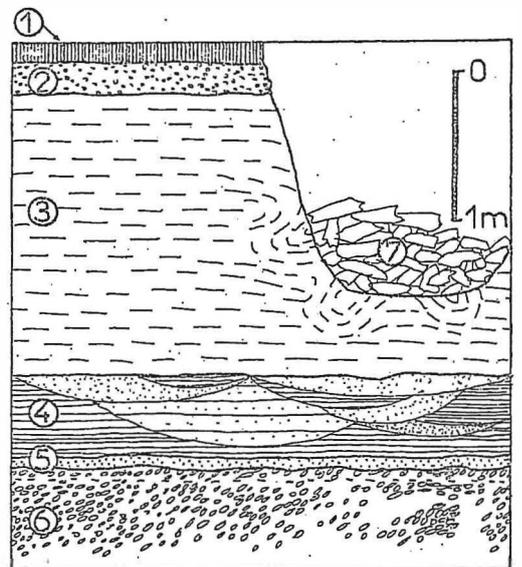
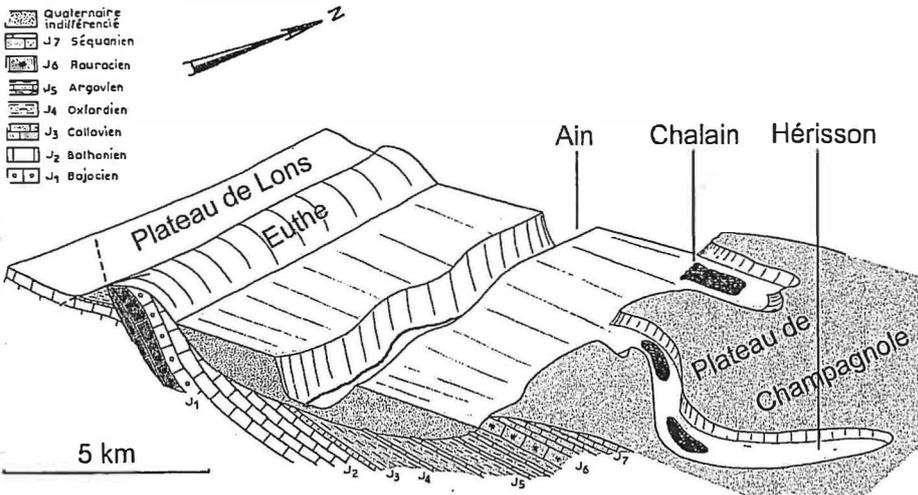
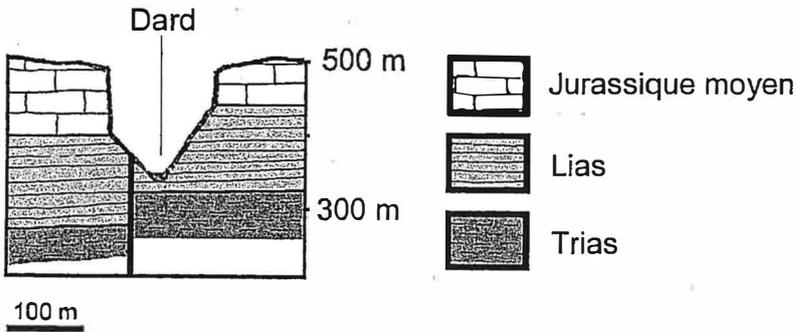
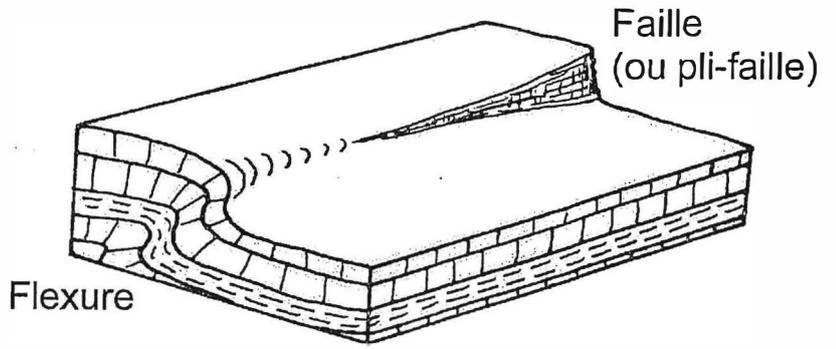
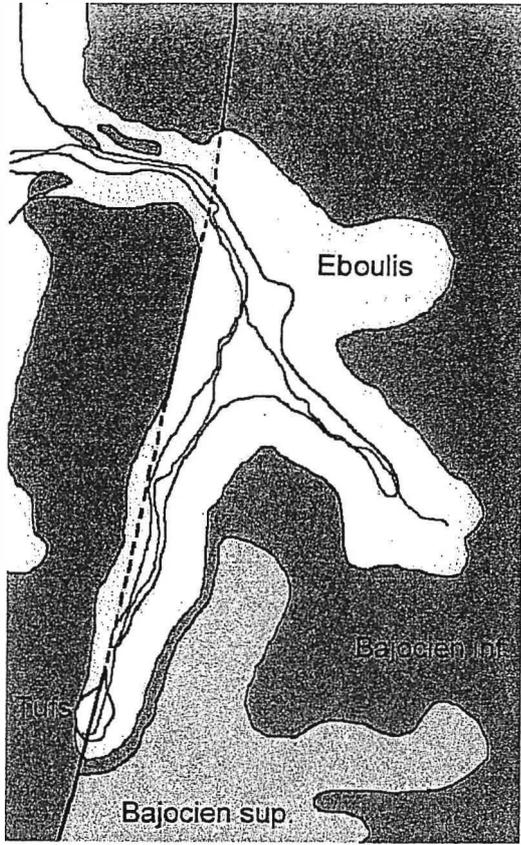
Etape 6 : Grotte de Balerne

Grotte de Balerne (Mont sur Monnet)

X : 869,07 Y : 197,00 Z : 635 m

Descriptif

La grotte s'ouvre à flanc, quelques mètres en dessous du replat de la falaise et à 40 mètres au-dessus du fond de la reculée.



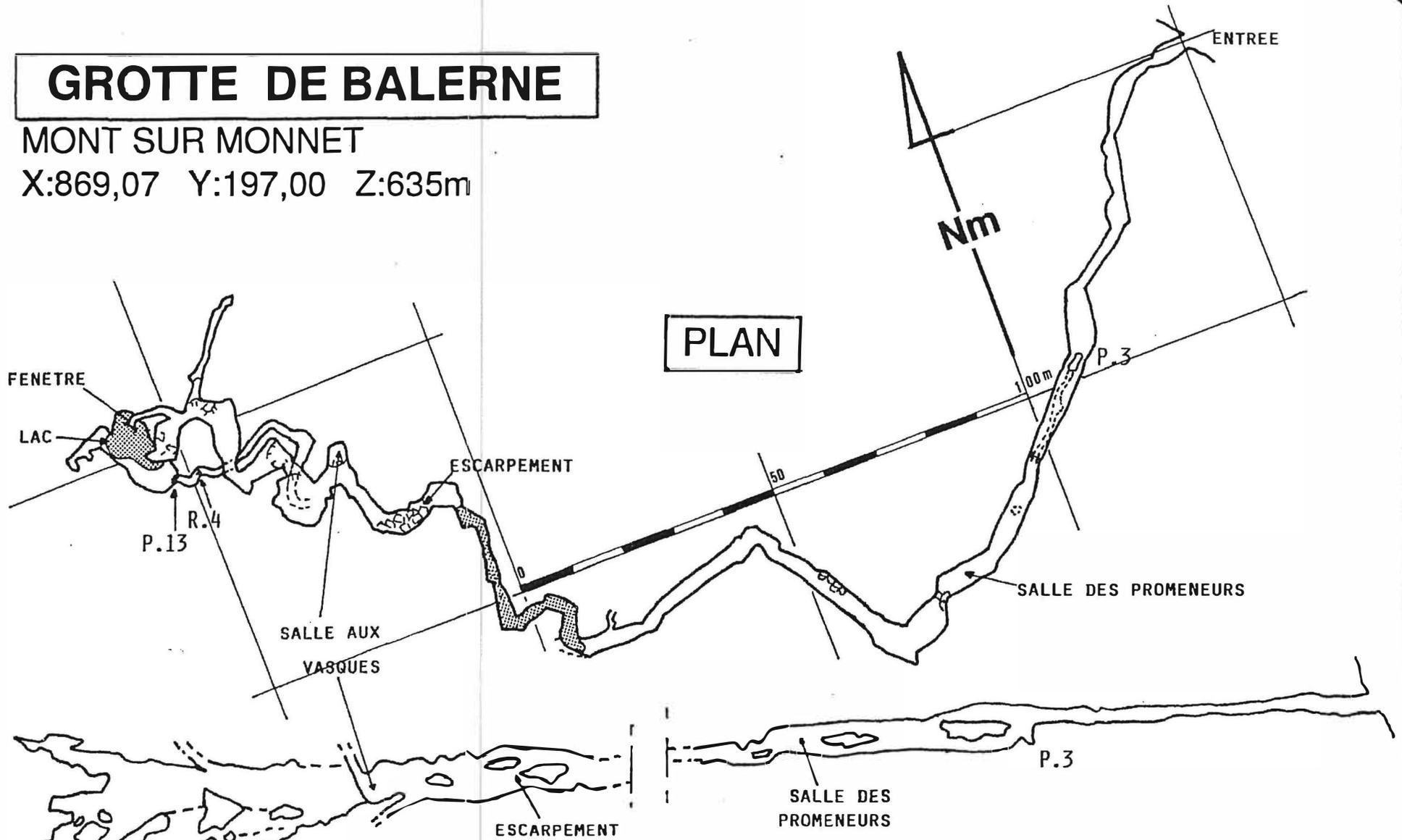
GROTTE DES ROMAINS
(Baume-les-Messieurs)
Stratigraphie du remplissage.

GROTTE DE BALERNE

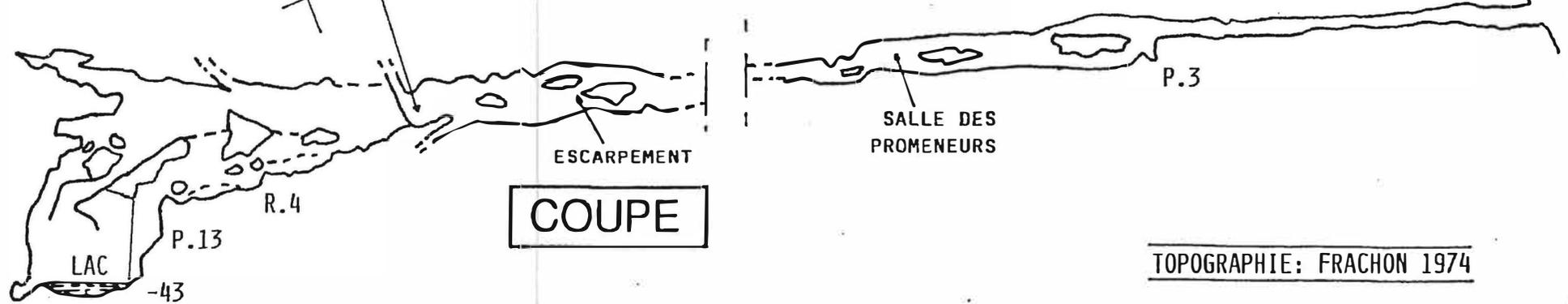
MONT SUR MONNET

X:869,07 Y:197,00 Z:635m

PLAN



COUPE



TOPOGRAPHIE: FRACHON 1974

L'entrée, fortement fracturée, mesure 2 m de hauteur sur 5 de large.

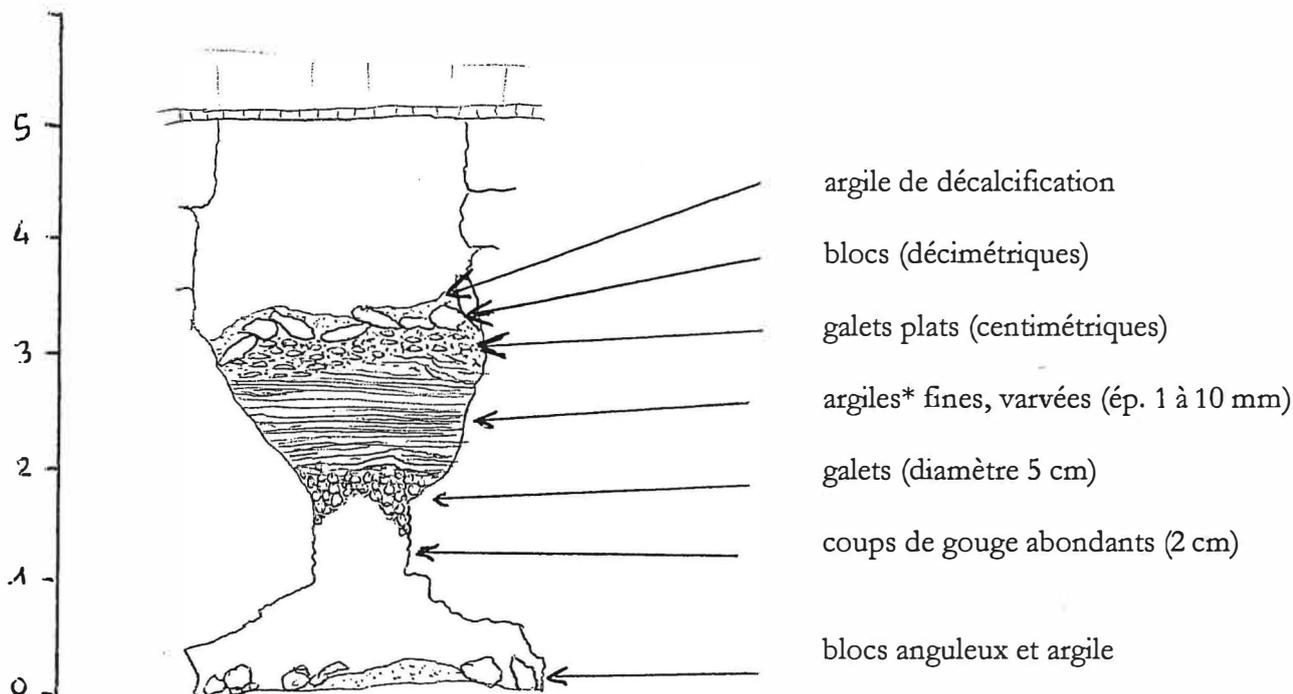
La grotte a un cheminement horizontal légèrement descendant assez rectiligne, orientée ouest.

Le plafond est très plat et les côtés verticaux sont fracturés et partiellement effondrés. Le plafond présente des petites traces de chenal de voûte.

A 70 mètres de l'entrée, un effondrement de 3 m donne accès au niveau inférieur de la galerie.

La séparation entre les 2 niveaux est constituée par un remplissage d'environ 2 m d'épaisseur.

Voir coupe ci-dessous



* les strates d'argiles claires sont peut-être calcifiées (dureté élevée)

Interprétation

Les coups de gouge semblent indiquer que la cavité fonctionnait en perte.

La situation particulière de l'entrée peut provenir d'un niveau d'écoulement glaciaire.

Le remplissage de la grotte a été partiel, puisqu'on ne rencontre pas de remplissage au plafond.

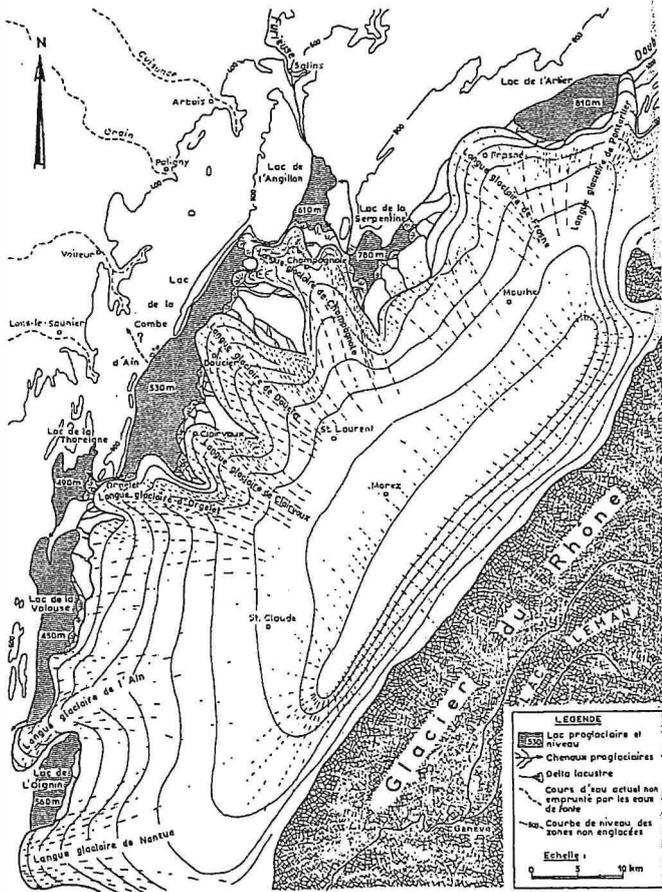
L'eau s'est introduit lentement au niveau du joint de strate de l'actuel plafond puis elle a creusé vers le bas une sorte de méandre.

Delphine, Jean-Luc et Christian

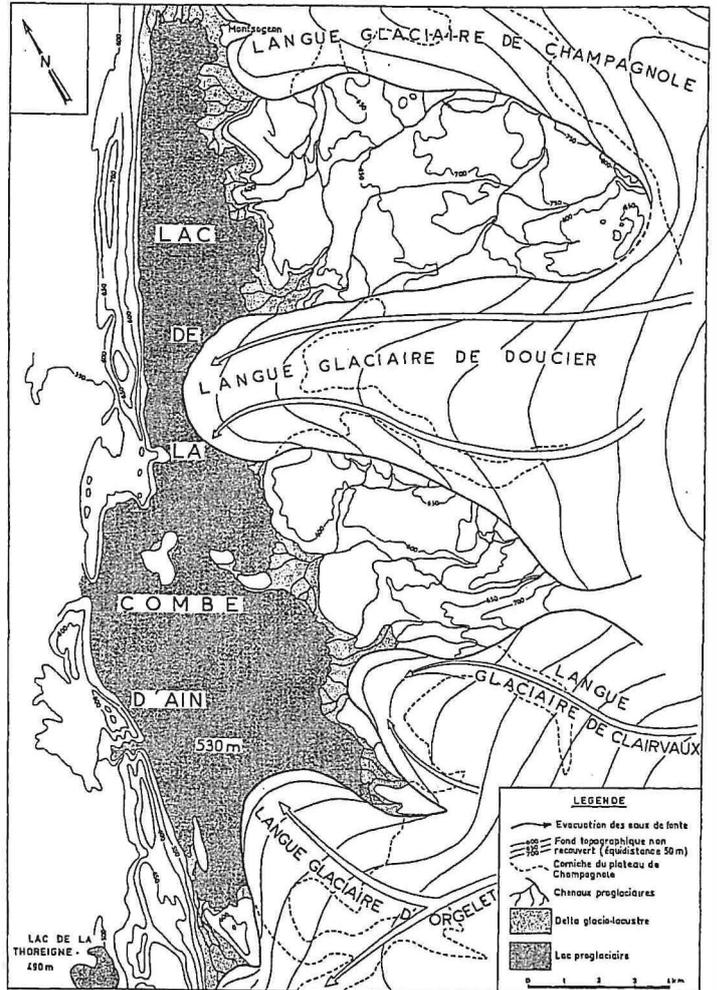
Etape 7 : Lac de Chalain

Le lac de Chalain se trouve dans une reculée. La vallée a été formée par un glacier. Le lac est formé par un barrage naturel formé par les moraines glaciaires, aussi nommées des molards. Il y a une petite résurgence qui alimente le lac. Dans le lac on retrouve les vestiges de villages lacustres. Le lac est devenu célèbre dans les années 60 quand J.C. Frachon venait s'y baigner avec ses petites amies. Depuis lors, les touristes hollandaises y suivent son exemple par milliers chaque année.

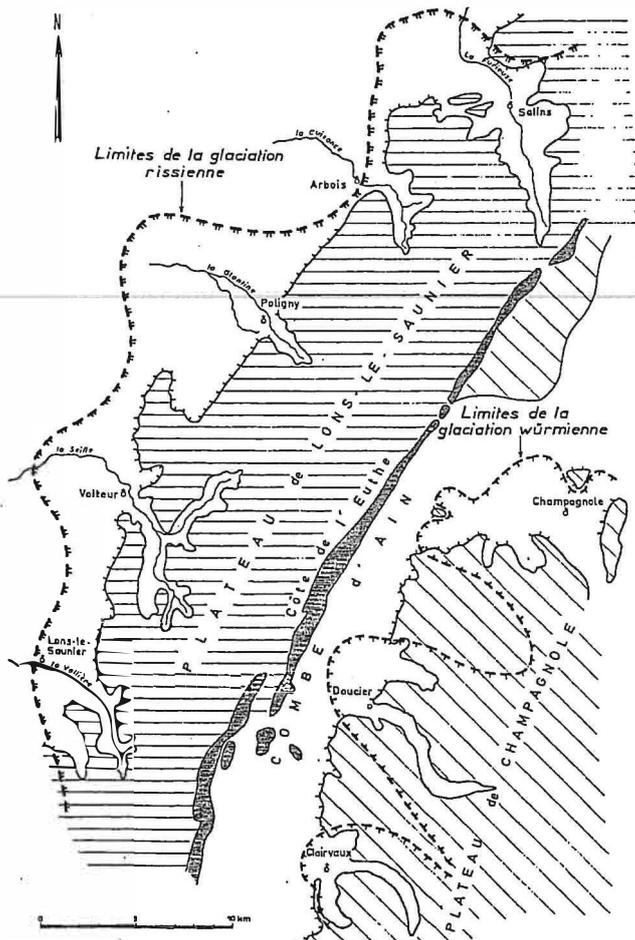
Alain, Benoît et Karl



La calotte glaciaire jurassienne lors du dépôt des moraines internes (stade maximum) et son environnement paléogéographique



Le lac proglaciaire de la Combe d'Ain



Rapports entre le front des avancées glaciaires et les reculées

THESE LAMPY

MARDI 24 JUILLET.

Toute l'équipe va visiter la Caborne pour un premier contact et visualiser le réseau.

Départ vers 9h30 dans 5 voitures (non optimisées) et dans le brouillard. Nous nous arrêtons pour voir le gouffre de Cernon et le plateau du même nom sous lequel se développe la cavité.

Une équipe de 4 équipe le P40 et la vire à son sommet pour accéder à la rivière supérieure.

Une deuxième équipe de 5 passe par le réseau inférieur, équipe le P15, puis va à la base du P40 pour équiper la vire permettant de passer au dessus du lac qui est à sa base (jonction avec ceux qui arrivent par le réseau supérieur). Ces 2 groupes se croisent au bas du P 40.

Tous les autres vont voir le réseau ouest et posent une corde pour shunter un boyau remontant.

Tout le monde ressort vers 13 h 30, 14 h pour manger sur l'esplanade devant l'entrée.

Ensuite, on intervertit pour que tout le monde voie les trois branches du réseau : réseau inférieur, supérieur et ouest

Après nous être changés, Stéphane, le grand chef, nous fait un débriefing, en nous faisant raconter tout ce que nous avons remarqué sous terre. A l'issue de ces observations, il nous propose 3 thèmes de travail : biologie, hydrologie et géomorphologie pour 2 groupes.

Chacun choisit son groupe en fonction de ses envies et aussi du nombre de places. La liste définitive sera arrêtée après le repas.

La veillée est consacrée à l'exposé de Fabien Hobléa sur les notions de géomorphologie et de karstologie.

Il présente les différentes formes de surface, puis insiste sur celles que l'on rencontre sous terre. La notion de patrimoine est abordée pour ces formes qui sont un héritage du passé, de plus en plus pris en compte par le côté juridique comme le sont la flore et la faune en les protégeant légalement.

Il explique ce qu'est le potentiel de karsification avec ses 3 éléments majeurs qui sont un massif calcaire, des eaux acides, et un gradient hydraulique.

Fabien conclut son exposé par le fait que les spéléologues ont leur importance pour relever les informations nécessaires aux scientifiques pour comprendre le karst et nous aider à trouver les continuités des réseaux, d'où une contribution réciproque fructueuse.

Robert, Patrick

MERCREDI 25 JUILLET 2001

Matin et après-midi :

Chaque équipe part sur le site pour travailler sur son thème :

Equipe 1 : Biospéléologie : Josiane LIPS, Christian BOUDSOCQ, Delphine JACONELLI.

Equipe 2 : Hydrologie : Patrick HENRY, Dominique JEAN, Karl WILLEMS.

Equipe 3 : Géomorphologie "zone P60" : Benoît LEBEAU, Alain MORENAS, Thierry DUBOURGET.

Equipe 4 : Géomorphologie "zone Salle à Manger" : Jean-Luc FRONT, Alain GOBART, Robert ROUDIVANT.

Chaque équipe fonctionne en autonomie. Les cadres tournent.

Cette première journée de travail en équipe est principalement destinée au relevé d'informations sur le terrain. Retour à la base étalé sur l'après-midi suivant les équipes, début de mise au propre.

Détail de l'équipe 3 :

Déjeuner, préparation du matériel, transport et, vers 10h30, rentrée dans la cavité.

Après la galerie assez boueuse, place à la galerie supérieure plus physique. De nombreux remplissages et dépôts sont visibles, contrastant avec les nombreuses traces d'érosion : chenal, marmites, coups de gouge... A cet endroit, ces traces nous indiquent que l'écoulement de l'eau se fait du fond vers l'entrée.

A la fin du ramping et avant un ressaut, nous commençons le travail de topographie précise avec détails géomorphologiques. Continuation vers le P44 avec une descente du petit affluent qui apparaît au pied du ressaut. Un dépôt d'argile (reste d'un remblayage par des sédiments ?) se voit jusqu'à 20 à 30 cm du plafond.

Une série de cassures (dont une faille) coupe la galerie à l'aplomb du P44.

Après le repas, topographie de la galerie amont jusqu'au premier gour (lui-même surcreusé). A noter, les dépôts d'argile jusqu'à un minimum de 8 m de hauteur. De nombreux concrétionnements (souvent sur la paroi de droite en suivant le cours du ruisseau) sont en partie érodés. Les 2 m inférieurs de la paroi sont souvent sans dépôts et sont très érodés (coups de gouge, marmites). Le plafond, souvent inaccessible, est situé à 10 m de hauteur en moyenne.

Descente du P40, qui était annoncée comme un P60 et qui, après mesure fait 44 m.

Retour par le réseau inférieur, avec ses échafaudages en bois pourri, qui donnent sur le beau PI 2. Suit une très belle galerie, très karstifiée, avec conduites forcées, surcreusement, marmites, coups de gouge et coupes de détente. Pour finir, sortie par la même galerie d'entrée, toujours bien salissante.

En soirée, intervention de Marie-José Turquin sur la biospéléologie, les différents problèmes actuels de cette science, l'utilité de la biospéléologie sur l'étude du sous-sol et sur la compréhension des impacts écologiques.

Nous terminons la soirée en mettant au propre les données récoltées durant la journée.

Thierry - Benoît - Alain

Soir :

Christophe TSCHERTER, président de la commission environnement depuis quelques mois, nous présente rapidement cette commission ainsi que ses trois principaux objectifs :

- Renforcer les liens avec le Ministère de l'environnement pour que les spéléos deviennent des partenaires à part entière,
- Faire que les spéléos s'investissent dans les études d'impact,
- Améliorer la diffusion de l'information : produire un document annuel relatant les actions des spéléos en matière d'environnement : vitrine de la commission.

Intervention de Marie-Josée TURQUIN : Biospéléologie

MJT présente un rapide historique de la biospéléologie depuis le 19^{ième} siècle : Les entomologistes sont les précurseurs de la biospéléologie. Les collectionneurs s'intéressaient notamment aux

coléoptères (endémisme important) mais l'Europe était plus pauvre en espèces que les Etats-Unis car les Pyrénées bloquaient la recolonisation.

En 1849, SCHIODTE sort le premier inventaire sur la faune souterraine.

Puis il y a eu l'époque où le laboratoire de Moulis fit de nombreuses thèses, sur le Niphargus notamment : travail intéressant car il permit une généralisation.

MJT évoque ensuite la difficulté de la taxonomie (prend du temps) puis s'étend sur un exemple : le Niphargus. Avant de nous montrer l'influence de la pollution sur la présence de certaines espèces, elle évoque l'utilité d'observer la faune souterraine pour terminer sur le rôle des spéléos (observations, prévention...). Dans l'avenir, les amateurs prendront-ils le relais en biospéléologie, comme le croit MJT ?

Un ouvrage de référence : " Les animaux des gouffres et des cavernes ", Michel SIFFRE, George DUPONT, 1979

Suite de la mise au propre des données.

Delphine

JEUDI 26 JUILLET 2001

Les équipes travaillent en autonomie sur les différents thèmes.

Lever et démarrage relativement durs. Préparation du reste de la journée.

A 9h15, départ de la base pour la résurgence de Menouille. Au menu : Ateliers hydrologique et biospéléologique, avec des aspects théoriques et pratiques. Nous commençons par la biospéléologie (pour y aller : bottes obligatoires). Discussion puis relève des ustensiles de prélèvements par trois personnes avec de l'eau jusqu'au nombril. C'est à ce moment-là que nous voyons l'équipe hydro sur le pont... mauvais présage ! L'eau de la retenue de l'Ain a monte de 60-80 cm, coupant notre retraite sèche. Thierry prend la caisse (qu'il ne faut surtout pas mouiller) sur la tête et, avec de l'eau jusqu'à la poitrine, rejoint le chemin.

Retour de Thierry jusqu'à la résurgence pour relever des paramètres. Résultat, la résurgence a une température de 12°C et l'Ain est à 10°C "y fait pas chaud en maillot de bain". L'atelier hydro est tombé à l'eau ! Quant à Benoît, il est revenu sans se mouiller en passant dans la jungle jurassienne de la rive de l'Ain.

11h15, arrivée à la Caborne. Nous mangeons (c'est moins mauvais qu'avant) et nous rentrons dans la cavité à 13h. Galerie d'entrée, puis galerie inférieure pour arriver à la base de la lucarne qui précède le P44. Ensuite, montée et descente sur corde, vire, balancier, escalade, opposition et mouillage pour la topographie du bas du P44 ; lucarne et galerie jusqu'au dernier point du traçage hydrologique (à proximité du jeu de faille). A noter, la faille du P44 a un décalage de strates bien visible, suivi de plusieurs cassures. Un passage en voûte mouillante rejoint la galerie au P44. Une voûte en bord de faille est actuellement obstruée. Le bas des parois de la lucarne comporte des coups de gouge faisant apparaître un écoulement de la galerie vers le P44. Le reste de la paroi ne comporte pas de surcreusement incisif.

Dans la galerie inférieure (là où elle s'agrandit en raison de cassures et d'au moins une faille), des coups de gouge et coupoles d'érosion montrent un écoulement dans le sens entrée vers fond (y compris vers la faille, actuellement obstruée).

Sortie de la cavité vers 16 h et retour à la base pour la mise au propre. En soirée, cette mise au propre se poursuit. Elle est entrecoupée par deux exposés. L'exposé hydrométrie de Christophe Tschertter nous explique différentes manières de mesurer les débits. Ensuite, Alain Couturaud nous donne un exposé sur l'hydrologie. Les explications qui concernent la Fontaine de Vaucluse sont écoutées avec attention, même s'il est déjà tard !

Thierry - Benoît - Alain

VENDREDI 27 JUILLET 2001

Fin de la mise au propre des données.
Présentation des résultats devant tout le monde.
Le soir, rangement et activités diverses...

Les formes et les formations endokarstiques : des éléments méconnus du patrimoine karstique.

Intervention de Fabien HOBLEA
géomorphologue, membre de la commission scientifique de la FFS

Introduction :

Notion de patrimoine karstique : karst = patrimoine car :

- pourvoyeur d'eau
- abrite faune particulière jugée remarquable et sensible (cf. chiroptères protégés)
- un paysage particulier, en surface et souterrainement => élément important du patrimoine géologique et géomorphologique => Def. mots-clefs : géomorphologie, formes, formations, endokarstique (sujet de l'exposé qui exclut les formes de surface, sauf exception (cavités décapitées).

Objectifs de cette intervention :

- donner des clefs de reconnaissance et de compréhension des formes et dépôts qui composent la toile de fond du paysage souterrain (avec explication de termes du jargon karstologique couramment rencontrés dans la bibliographie)
- montrer l'intérêt scientifique de ces formes et dépôts en tant qu'indicateurs et enregistreurs des variations climatiques et environnementales en surface, en présentant les méthodes d'étude actuelles.
- au-delà de leur valeur esthétique très inégale, montrer l'intérêt de la connaissance de la signification génétique et fonctionnelle de ces formes et dépôts, pour une pratique respectueuse et sécurisée de la spéléologie sportive ou pédagogique.

I - Quelques clefs pour comprendre et expliquer les paysages souterrains : (et la "littérature" qui s'y réfère)

A - Formes et formations liées à l'érosion chimique / formes et formations liées à l'érosion mécanique :

B - Le "phréatique" et le "vadose" :

C - Le "paragénétique" : quand formes et formations sont étroitement interdépendantes.

II - Intérêt des formes et formations endokarstiques pour l'étude des évolutions climatiques et environnementales :

A - Notion de système karstique

B - Enseignements de l'approche spéléographique des réseaux souterrains

C - Indicateurs morphologiques du fonctionnement et de l'évolution des karsts

D - Apports de l'étude des "remplissages"

III - Le décryptage du paysage souterrain au service d'explorations plus efficaces, plus respectueuses et plus "sécurit"

A - Dialectique du "fossile" et de "l'actif"

B - Le "syndrome du blaireau"

C - L'oeil, l'esprit et le TAO pour "trouver la voie"

Conclusion : passe à ton voisin !

Bibliographie :

- En langue française :

- AUDETAT Maurice, 1981 : *Notions de géologie, géomorphologie et hydrogéologie à l'usage des spéléologues*. SSS/SGH. 163 p.
- CHOPPY Jacques, 1985 : *Dictionnaire de spéléologie physique et karstologie*. 150 p.
- COLLIGNON Bernard, 1988 : *Spéléologie : approches scientifiques*. Edisud. 238 p.
- GILLI Eric, 1995 : *La spéléologie*. QSJ n° 709 PUF. 127 p.
- MAIRE Richard, 1980 : *Eléments de karstologie physique*. Spélunca spécial n° 3. FFS. 56 p.
- NICOD Jean, 1972 : *Pays et paysages du calcaire*. PUF. 244 p.
- SALOMON Jean-Noël, 2001 : *Précis de karstologie*. PUB.
- VIALA Claude, 2000 : *Dictionnaire de la Spéléologie*. FFS/Spélunca Librairie Editions. 263 p.

- En langue anglaise :

- FORD Derek et WILLIAMS Paul, 1993 : *Karst geomorphology and hydrology*. Chapman & Hall Ed., 601 p.
- GILLIESON David, 1996 : *Caves : processes, development, management*. Blackwell Publishers. 324 p.
- HILL Carol et FORTI Paulo, 1997 : *Cave minerals in the world*. NSS/UIS. 238 p.
- KLIMCHOUK Alexander, FORD Derek, PALMER Arthur, DREYBRODT Wolfgang, 2000 : *Speleogenesis : evolution of karst aquifers*. NSS/UIS. 527 p.
- SLABE Tadej, 1995 : *Cave rocky relief*. ZRC. 128 p.
- WHITE William, 1988 : *Geomorphology and hydrology of karst terrains*. Oxford University Press. 464 p.

SIGNIFICATION GENETIQUE DE QUELQUES PROFILS DE GALERIES

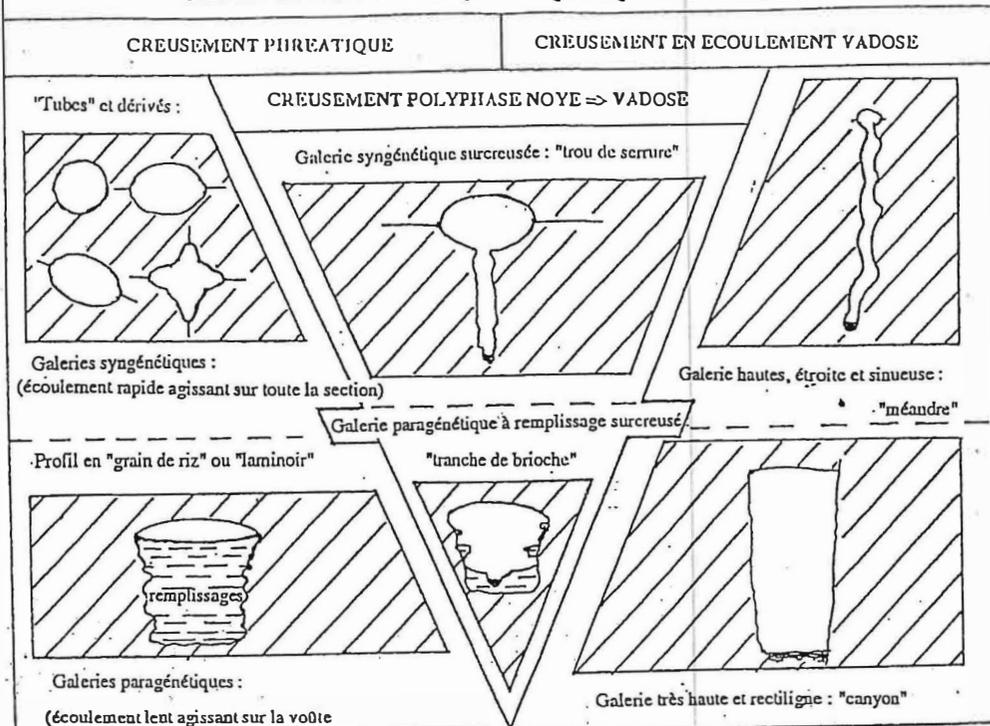
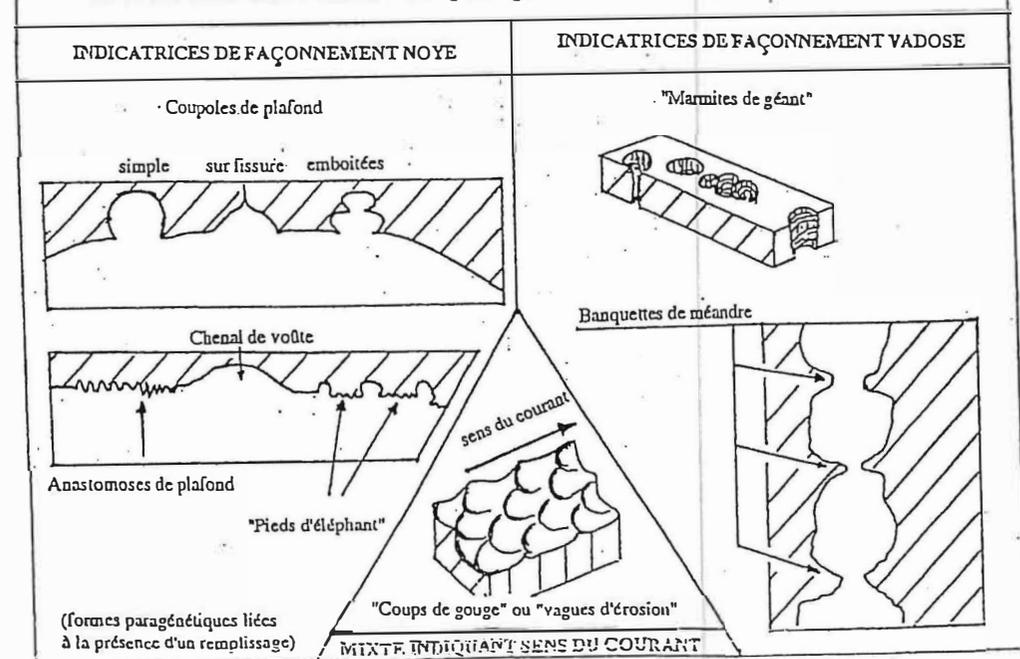
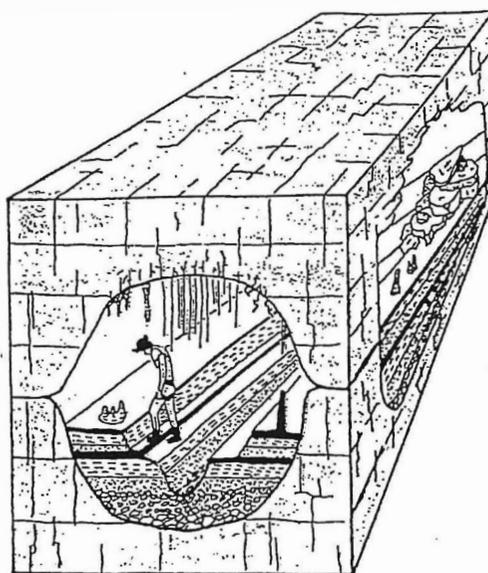


FIGURE 13: SIGNIFICATION DE QUELQUES FORMES D'EROSION PARIETALE



Les grands types de remplissages de grotte - Bloc-diagramme "écorché"



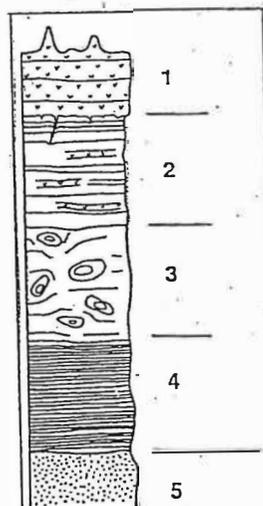
CONCRETIONS :

- Stalactiles
- et Stalagmites
- fistuleuses ou "macaronis"
- "excentriques"
- plancher stalagmitique

REMPLISSAGES DETRITIQUES :

- argile
 - sable
 - galets
 - blocs effondrés
- deposés puis surcreusés par les eaux

(F. HUBER/EL/LOS 73)

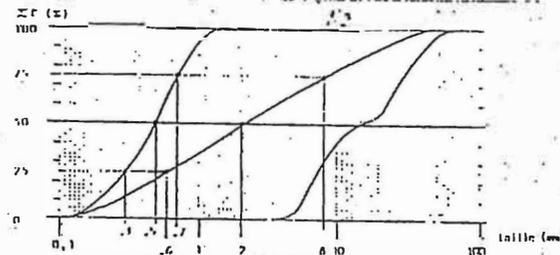


Séquence d'assèchement :
1: Plancher stalagmitique et stalagmites;
2: argiles avec strobilures de calcite finement; 3: argile à moudouille; 4: argile liée; 5: sables fluviatiles. Cette séquence en une synthèse à partir des observations de SARRIAUX (1982), QUINIF & BASTIN (1989), QUINIF & DURCIS (1984).

Techniques granulométriques

Pour étudier les sédiments détritiques, on les fait passer dans une série de tamis de taille décroissante et on mesure la proportion de l'ensemble qui reste dans chaque tamis.

Une représentation très claire des résultats est la courbe des fréquences cumulées (en %), reportée en fonction du logarithme de la taille des mailles du tamis (fig. 3.20). On caractérise la distribution par sa médiane (la taille correspondant à 50% du total) et par un indice de dispersion : le classement (obtenu en comparant les tailles correspondant respectivement à 25 et à 75 % du total).



Etude granulométrique de quelques sédiments.

- 1) sable fin (médiane = 0.5 mm), bien classé (très homogène; indice de classement = $\sqrt{0.7/0.3} = 1.5$).
- 2) sable grossier et gravier mal classés (médiane = 5 mm; indice de classement = $\sqrt{8/0.6} = 3.7$).
- 3) graviers et galets; distribution à deux modes (7 mm et 30 mm) qui traduit le mélange de deux sédiments d'origine différente (en aval d'un confluent par exemple).

(Coll'Huber 28)

I. HYDROMETRIE :

Le débit est un volume d'eau passant à travers une section d'un cours d'eau pendant une unité de temps.

$$Q = V / t$$

Q : débit (m³/s)
V : volume d'eau écoulé (m³)
t : temps d'écoulement (s)

La connaissance du débit d'un cours d'eau, qu'il soit de surface ou souterrain, est une donnée essentielle qui participe non seulement à la connaissance scientifique du milieu (notamment dans sa dimension hydrogéologique) mais qui influe sur l'ensemble des paramètres physicochimiques relatif à la qualité de l'eau (ces paramètres s'exprimant en concentration (mg/l) voir en charge (kg/j)).

L'hydrométrie fait l'objet d'un ensemble de normes disponibles auprès de l'AFNOR (ex norme NF X 10-311 relative aux mesures de débit en canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi, norme NF X 10-301 relative aux mesures de débit de l'eau dans les chenaux par la méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de moulinet à hélice). Le respect de ces normes dans leur intégralité n'est pas chose facile et notamment en milieu souterrain compte tenu des difficultés liées au transport du matériel. La fiabilité des mesures et leur interprétation ne peuvent donc se faire que dans un esprit critique et ce, quelle que soit la technique utilisée. **Plutôt qu'à la précision on attachera une importance à l'ordre de grandeur.**

Lorsque l'erreur finale sur une mesure de débit peut être estimée, le résultat gagne à être présenté en indiquant son encadrement (ex : 38 l/s ± 10%).

Les unités de mesures les plus fréquemment utilisées sont le litre/seconde et le m³/heure.

Toute mesure de débit sur le terrain ne peut se faire sans une connaissance relativement précise des conditions météorologiques qui précèdent la mesure (environ une semaine). Ces dernières peuvent être obtenues auprès des stations de Météo France ou par l'installation sur le site d'un pluviomètre enregistreur.

Toute diffusion de l'information doit être accompagnée d'une localisation spatiale (description du site, photographie...), temporelle et hydrologique (crue, hautes eaux, moyennes eaux, étiage). Les données hydrologiques générales peuvent être obtenues auprès des services de la DIREN (Centre d'Etude des Milieux Aquatiques) par le biais des stations de jaugeage implantées sur les cours d'eau et des mesures des hauteurs de nappe.

Enfin, le choix du site est un critère fondamental qui conditionnera la précision de la mesure. C'est pour cette raison, qu'il ne faut pas hésiter à se déplacer afin de trouver le site dont les caractéristiques se rapprochent au mieux de celles recommandées pour l'application de la méthode choisie.

I.1 - MESURE DE DEBIT PONCTUEL :

Il faut reconnaître, qu'en l'absence de mesure de débit en continu et sur de longues périodes, la connaissance d'un débit ponctuel n'est le reflet que d'une situation à un moment donné. Les techniques les plus utilisées sont le jaugeage, les seuils, les mesures de vitesse (moulinet à hélice et courantomètre), les mesures chimiques.

• METHODE PAR CAPACITE : le Jaugeage

L'opération consiste à mesurer le temps de remplissage d'un récipient introduit rapidement sous une chute d'eau.

La mesure du volume écoulé peut se faire directement à partir du récipient lorsque celui-ci a été préalablement jaugé.

Compte tenu de la nécessité de disposer d'une chute d'eau, le site pourra être remodelé et aménagé (utilisation d'un demi-tuyau permettant de guider l'eau vers le récipient par exemple). On veillera à concentrer l'écoulement.

Pour la fiabilité de la mesure, l'opération doit être répétée à plusieurs reprises (3 à 5 fois voir plus en cas d'incohérence).

On peut considérer, pour peu qu'elle soit convenablement réalisée, que c'est une des mesures les plus précises. Il a été montré que lorsque la durée du remplissage est relativement longue (>10 secondes), et que lorsque le volume est déterminé rigoureusement, l'erreur sur le débit est inférieure à 5%.

De plus, sa mise en œuvre ne nécessite aucun appareillage particulier puisqu'il suffit de disposer d'un récipient et d'un chronomètre. Elle doit être réservée aux faibles et très faibles débits et est parfaitement bien adaptée aux sources «éclatées » (griffons).

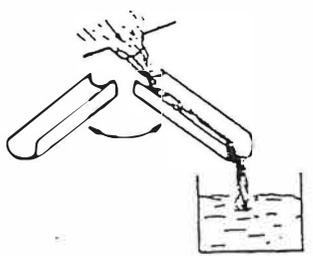
• METHODE HYDRAULIQUE : les seuils (triangulaires, rectangulaires...) et canaux de mesures portatifs type Venturi

L'utilisation de seuils de mesure de débit est plutôt réservée aux rivières et résurgences de débit moyen.

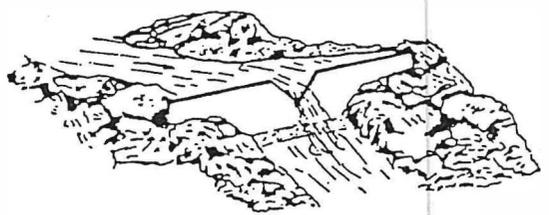
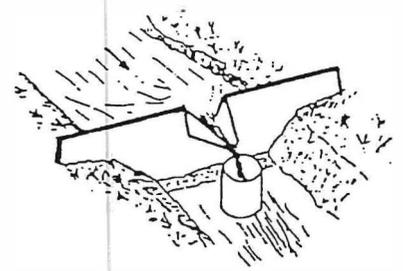
Il s'agit ici d'établir une relation entre la hauteur d'eau (h) s'écoulant par le seuil et le débit (Q). Cette relation de type Q=f(h) peut se présenter sous forme de courbe d'étalonnage (c'est le cas des canaux portatifs) ou sous forme d'une formule hydraulique (cas des déversoirs rectangulaires et triangulaires).

Le niveau de précision que l'on peut atteindre est fonction du soin apporté dans l'installation du dispositif. On veillera notamment à obtenir une étanchéité parfaite du fond et des cotés. La section située immédiatement en amont du seuil doit être relativement homogène et l'écoulement de type laminaire (sans turbulence ni remous).

Les seuils de mesure de type triangulaire et rectangulaire sont les plus couramment utilisés. Ils peuvent être directement fabriqués par l'utilisateur (plaque aluminium ou bois). Sous certaines conditions d'installation, ils répondent à la norme NF X 10-311 relative aux mesures de débit en canaux découverts au moyen de déversoirs en mince paroi.

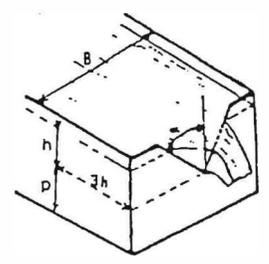


Exemple d'ajustement pour laugage -

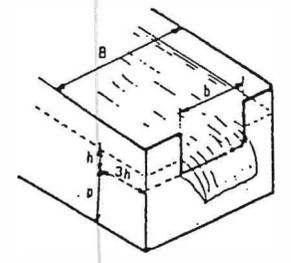


mise en place d'un seuil -

Déversoir
Triangulaire



Déversoir
Rectangulaire



Les dimensions du seuil sont fonction du débit attendu. Leur conception doit respecter un certain nombre de critères au-delà desquelles la fiabilité de la mesure n'est plus assurée.

Déversoirs rectangulaires en mince paroi :

Ils répondent à la formule suivante :

$$Q = C \cdot b \cdot h^{1.5}$$

- Q : Débit en m³/s
- b : largeur de l'échancrure en m
- h : hauteur d'eau en m mesurée au-dessus du seuil à une distance vers l'amont d'environ 3h
- C : Variable. $C = 1,77 + a \cdot h/p$.
- p : hauteur en m entre la base du seuil et la base de l'échancrure.
- a : variable fonction de b/B
- B : Largeur du chenal d'approche.

b/B	0 à 0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
a	0	0,01	0,03	0,05	0,09	0,13	0,19	0,22

Les limites d'application de la formule sont les suivants :

$H/p \leq 2,5$	$b > 0,15$
$h \geq 0,03m$	$p > 0,10$

Déversoirs triangulaires isocèles en mince paroi :

Ils répondent à la formule suivante :

$$Q = 1,37 \cdot \text{tg}(\alpha/2) \cdot h^{2.5}$$

- Q : Débit en m³/s
- α : angle de l'échancrure en degré
- h : hauteur d'eau en m mesurée au-dessus du sommet de l'angle α à une distance vers l'amont d'environ 3h

Les limites d'application de la formule sont les suivants :

$10^\circ < \alpha < 50^\circ$	$h \geq 0,06m$
$0,10 \leq p/B < 1,5$	$h/p \leq 0,35$
$p > 0,09m$	

Les canaux préfabriqués type Venturi :

Les canaux de mesures portatifs de type Venturi sont essentiellement utilisés en milieu industriel pour le calcul des charges polluantes. Ils sont vendus avec leur courbe d'étalonnage ce qui permet une

mesure de grande précision. Leur mise en œuvre doit bien entendu respecter les prescriptions fournies par les constructeurs notamment en ce qui concerne leur pente ($\leq 2\%$). Ils permettent de s'affranchir des imprécisions liées à la rugosité des parois des seuils triangulaires et rectangulaires. Le choix du type de canaux est fonction de la gamme des débits à mesurer (ex : 0-10 m³/h).

• **METHODE PAR EXPLORATION DU CHAMP DES VITESSES : moulinet à hélice et courantomètre.**

Le débit est égal au produit de la vitesse moyenne V_m de l'écoulement par la surface S de la section mouillée.

$$Q = V_m S$$

Q : Débit en m³/s
 V_m : Vitesse moyenne de l'écoulement en m/s
 S : surface de la section mouillée en m²

La vitesse de l'écoulement n'étant pas uniforme sur la section transversale, il est nécessaire d'explorer le champ des vitesses en réalisant des mesures en plusieurs points de la section située le long de verticales judicieusement réparties. A partir de ces relevés ponctuels, on détermine sur chacune des verticales une vitesse moyenne qui est considérée comme représentative de la vitesse de l'écoulement sur l'ensemble de la section mouillée.

Le nombre de verticale est fonction de la régularité de la section. En général, une dizaine de verticales se révèlent suffisantes. Il est recommandé de serrer les verticales près des berges. La position de chaque verticale est repérée par rapport à l'une des berges à l'aide d'un décimètre.

Il n'est pas nécessaire de multiplier les points de mesure sur chaque verticale. On mesure généralement les vitesses à des distances du fond égales à 0,2 ; 0,4 ; 0,8 fois la profondeur.

On enregistre la vitesse pendant un temps fixé (30s ; 60s ; 120s).

La vitesse moyenne de la verticale est donnée par la relation :

$$V = (1/2)V_{0,4} + (1/4)V_{0,2} + (1/4)V_{0,8}$$

Les débits par unité de largeur ($V \cdot h$) sont calculés à chaque verticale. On en déduit le débit total :

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$

$$q_1 = V_1 h_1 * ((L_1 + L_2) / 2)$$

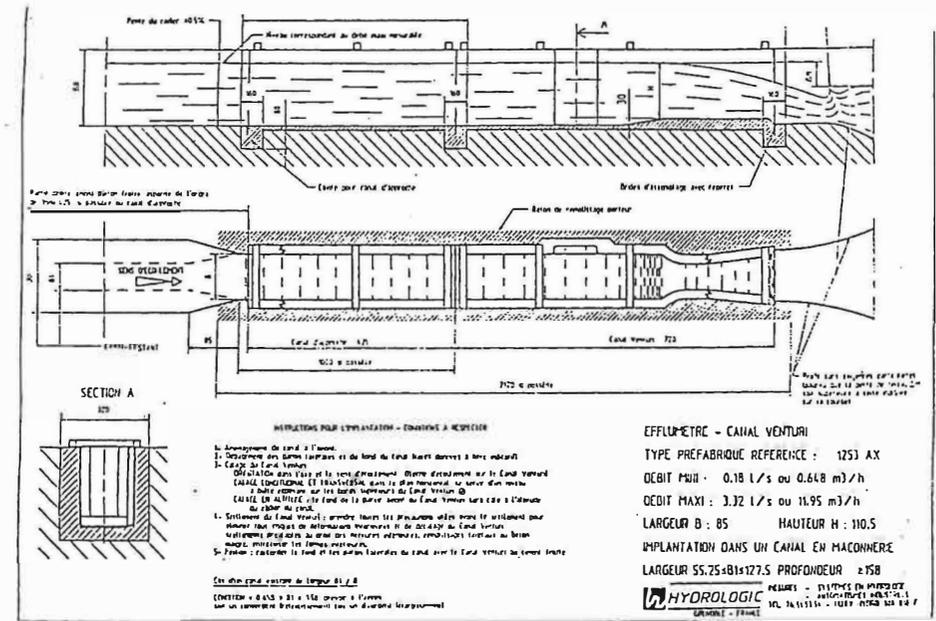
$$q_2 = V_2 h_2 * ((L_2 + L_3) / 2)$$

$$q_3 = V_3 h_3 * ((L_3 + L_4) / 2)$$

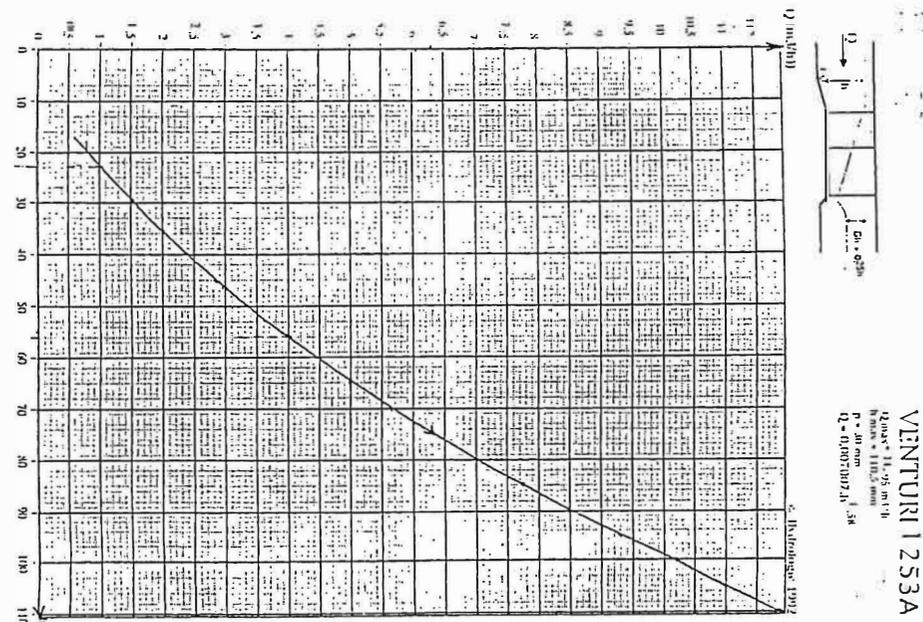
$$q_n = V_n h_n * ((L_n + L_{n+1}) / 2)$$

Le choix de la section sur laquelle sera faite la mesure est fondamental. Il est notamment nécessaire de régulariser le fond du cours d'eau en enlevant les blocs rocheux de tailles importantes qui pourraient perturber l'écoulement en créant des turbulences et des contre-courants.

La mesure de la vitesse peut se faire à l'aide d'un moulinet à hélice, d'un courantomètre ou en utilisant des flotteurs.



Déversoir Postel type Venturi



Courbe d'étalonnage

Calcul de débits en cours d'eau au moulinet, OTT

STATION N°:
LOCALISATION:

DATE:
HEURE:
METEO:
REGIME HYDROLOGIQUE:
OPERATEUR:

N° de la verticale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N° hélice (1 ou 3)													
Temps de comptage : 30s / 60s / 120s													
Valeur décimètre en m (départ rive droite)													
Distance à la berge (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Longueur du tronçon (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profondeur h (m)													
0,8 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,4 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nbr tours d'hélice 0,8 h													
Nbr tours d'hélice 0,4 h													
Nbr tours d'hélice 0,2 h													
Nbr tours d'hélice 0,8 h/s	-	#DIV/0!											
Nbr tours d'hélice 0,4 h/s	-	#DIV/0!											
Nbr tours d'hélice 0,2 h/s	-	#DIV/0!											
V (0,8) m/s	-	#DIV/0!											
V (0,4) m/s	-	#DIV/0!											
V (0,2) m/s	-	#DIV/0!											
V moyenne verticale m/s	-	#DIV/0!											
V.h (m ² /s)	-	#DIV/0!											
Q verticale = Vh(L1+L2)/2 m ³ /s	-	#DIV/0!											

Q cours d'eau :	#DIV/0!	m ³ /s
	#DIV/0!	l/s
	#DIV/0!	m ³ /h

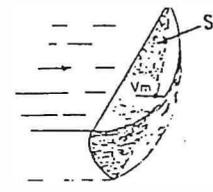
Calcul de débits en cours d'eau au courantomètre

STATION N°:
LOCALISATION:

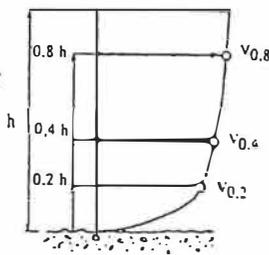
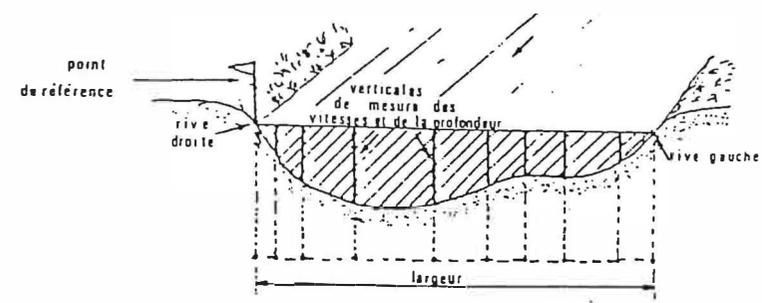
DATE:
HEURE:
METEO:
REGIME HYDROLOGIQUE:
OPERATEUR:

N° de la verticale	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Valeur décimètre en m (départ rive droite)													
Distance à la berge (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Longueur du tronçon (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Profondeur h (m)													
0,8 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,4 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,2 h (m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V (0,8) m/s													
V (0,4) m/s													
V (0,2) m/s													
V moyenne verticale m/s													
V.h (m ² /s)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Q verticale = Vh(L1+L2)/2 m ³ /s	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

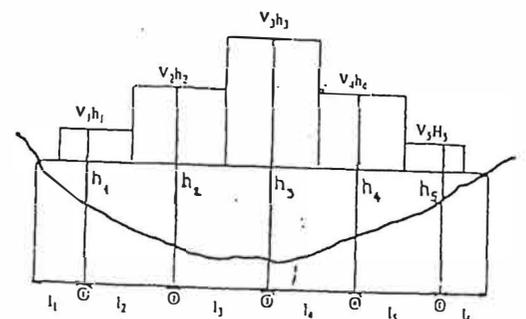
Q cours d'eau :	0,00	m ³ /s
	0	l/s
	0	m ³ /h



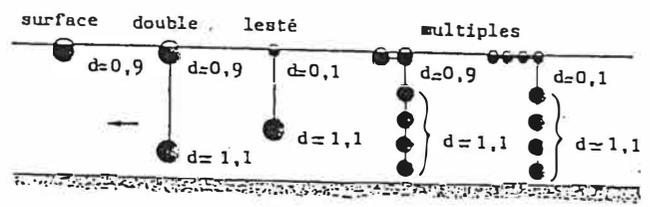
$Q_p = V_m \times S$



$V = \frac{1}{2} V_{0,8} + \frac{1}{4} V_{0,4} + \frac{1}{4} V_{0,2}$



$q_1 = v_1 h_1 \frac{(L_1 + L_2)}{2}$
 $q_2 = v_2 h_2 \frac{(L_2 + L_3)}{2}$
 $Q = \sum q_n$



Exemple de notation pour mesure de vitesse.

Le moulinet à hélice est un appareil relativement coûteux, fragile et qui par conséquent est très rarement utilisé en milieu souterrain. Les modèles les plus perfectionnés sont équipés d'une sortie informatique et délivrés avec un logiciel de calcul. La mesure de la vitesse donnée par le moulinet à hélice est fonction du nombre de tour d'hélice et de ses caractéristiques. Ces dernières sont fournies par le constructeur.

Ces dernières années, ont été mis sur le marché des courantomètres qui permettent une lecture directe de la vitesse de l'eau au point de mesure. Plus robuste, que les moulinets à hélice, ils ont notre préférence.

- **Extrapolation des mesures de débit à partir de la connaissance de la vitesse de surface**

Il s'agit d'une technique dont la mise en œuvre s'avère très facile. Toutefois, en raison du manque de fiabilité, il convient d'être relativement prudent quant à l'interprétation des données. En effet, on considère ici que la vitesse de l'eau en surface est représentative de la vitesse en tous les points de la section, ce qui est en fait loin d'être le cas.

L'opération consiste à mesurer la vitesse de l'eau en surface sur une section homogène par le biais d'un flotteur. En connaissant la surface de la section il est possible de déterminer le débit qui a transité. Comme pour le jaugeage, l'opération doit être répétée à plusieurs reprises.

Pour limiter les imprécisions, il existe des flotteurs multiples (en général 2) accorder l'un à l'autre par un câble fin. La vitesse du flotteur est donc représentative de la vitesse de l'eau sur la verticale de la mesure.

- **METHODE DE DILUTION : Jaugeage chimique**

Cette technique est plutôt réservée aux cours d'eau tumultueux dont le lit est encombré et trop irrégulier. De plus, le régime torrentiel permet également un brassage homogène, condition essentielle pour la bonne marche de cette méthode.

Méthode par injection instantanée :

En un point I du cours d'eau, on injecte brièvement un volume V_1 d'un traceur à une concentration C_1 . En un deuxième point P choisi à l'aval et à une distance suffisante pour obtenir un bon mélange du traceur, on prélève des échantillons dans le cours d'eau pendant toute la durée T du passage du traceur afin de déterminer leur concentration moyenne C_{2m} .

Si V est le volume d'eau écoulé pendant le temps T , la masse de traceur au point P est égale au produit de V par C_{2m} . Cette masse est égale à la masse de traceur introduit au point I, d'où :

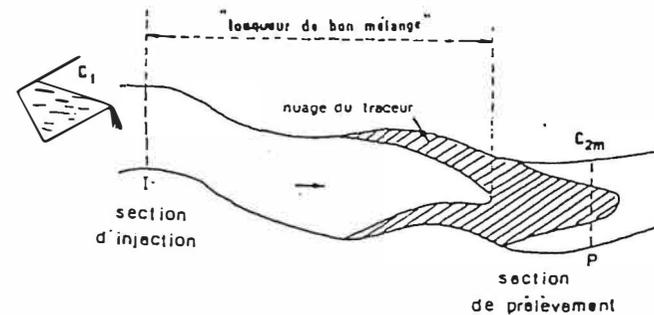
$$C_1 V_1 = V C_{2m}$$

$$V = Q \cdot T$$

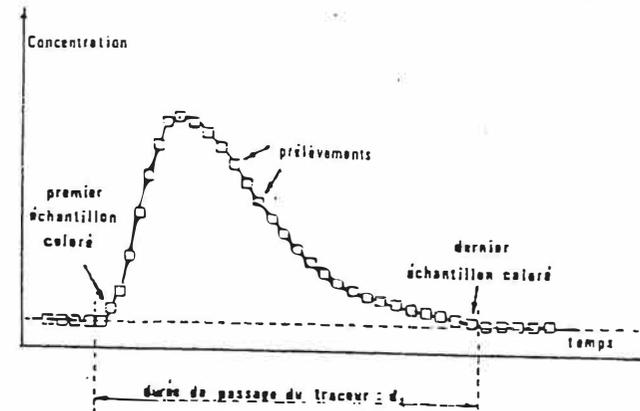
$$Q = (C_1 V_1) / (T C_{2m})$$

La distance suffisante pour permettre une bonne homogénéisation du traceur est un critère fondamental. En première approximation, on estime que cette distance se situe entre 50 à 75 fois la largeur du cours d'eau au point d'injection. Toutefois, il est souvent nécessaire d'effectuer un premier traçage en utilisant des colorants type fluoréscéine afin de localiser le point où l'eau est uniformément colorée.

La difficulté essentielle de la méthode est l'élaboration de la concentration moyenne C_{2m} .



Jaugeage chimique
 $C_1 V_1 = C_{2m} V$



Recherche du traceur

Cette méthode au protocole rigoureux reste relativement complexe. Elle offre de très bons résultats mais nécessite la présence d'opérateurs expérimentés.

Méthode par injection en continu :

Dans la méthode de jaugeage par injection continue, on injecte à un débit constant q une solution concentrée de traceur. Cette solution se dilue à l'aval pour donner un mélange homogène de concentration c dont on prélève plusieurs échantillons. Si C est la concentration de la solution mère, le débit du cours d'eau Q est donné par :

$$Q = (C/c)q$$

Méthode par mesure de la conductivité :

Enfin, pour les petits débits, il sera possible de déterminer le débit en suivant la conductivité de l'eau. Le traceur utilisé sera en général du Chlorure de Sodium. La conductivité variant avec la température, il importe de réaliser les mesures à une température stable et contrôlée.

La conductivité naturelle de l'eau n'étant pas négligeable, il est nécessaire d'injecter une masse suffisante de traceur (C_1V_1). Le conductimètre pourra être directement asservi à un préleveur automatique ce qui permettra de réaliser un échantillon moyen (C_{2m}) proportionnel à la conductivité directement sur le terrain.

$$Q = (C_1V_1)/(TC_{2m})$$

MESURE DE DEBIT EN CONTINU :

La mesure d'un débit en continu présente deux intérêts majeurs. D'une part elle permet d'accroître la précision compte tenu du nombre de données et d'autre part, elle reflète les fluctuations temporelles des conditions hydrologiques.

En surface, certains cours d'eau sont équipés d'échelles limnimétriques qui permettent en fonction des hauteurs d'eau d'estimer le débit. Ces stations de mesures, fonctionnent en continu et sont généralement reliées par télégestion aux services de la DIREN. Au préalable la section du cours d'eau sur lequel est implanté le limnimètre aura été étalonnée par mesure au moulinet à hélice ou au courantomètre afin d'établir la relation $Q=f(h)$.

En milieu souterrain ou lors de la mesure sur des résurgences, la mesure en continu d'un débit ne peut se faire techniquement que par l'implantation d'un seuil tel qu'il a été présenté précédemment. Le choix du seuil devra être fonction des débits minimums et maximums susceptibles de transiter, ce qui impose une connaissance suffisante du milieu (observation visuelle des traces de crues notamment). Toutefois, plus la gamme est étendue plus on perd en précision.

Le seuil sera équipé d'une sonde de mesures des hauteurs d'eaux convenablement disposée (environ 3h), à laquelle sera reliée une centrale d'acquisition de données. Cette dernière permettra de convertir directement les hauteurs d'eau en débits. On distingue trois grands types de sondes

- Sonde piézométrique ou sonde pression.
- Sonde ultrason.
- Sonde bulle à bulle.

Pour des mesures de terrain, la sonde pression apparaît plus appropriée (coûts, encombrement et poids, robustesse, autonomie).

La difficulté de la mesure réside dans le nécessaire étalonnage du débitmètre enregistreur à partir d'un micro-ordinateur portable.

PRELEVEMENT D'ECHANTILLONS :

PRELEVEMENT INSTANTANE

La prise d'échantillons est une opération excessivement simple mais qui doit être réalisée dans les règles, à savoir :

- Marquer avec soin la référence de chaque échantillon sur le tube (feutre indélébile et sur une liste, avec mention de la date et de l'heure du prélèvement).
- Prélever un volume d'eau suffisant pour assurer convenablement toutes les analyses programmées.
- Utiliser des flacons en plastique stable (pour le terrain difficile) ou en verre épais, à fermeture étanche et de préférence à parois opaques ou colorées.
- Toujours rincer les récipients avec l'eau à prélever avant la prise.
- Evacuer l'air en remplissant le bidon à ras bord. L'oxygène de l'air pourrait interférer sur un certain nombre de paramètres (matières organiques, formes azotées...)
- Placer l'échantillon dès que possible au frais (+4°C) et à l'abri de la lumière, éviter les transvasements inutiles.

Pour les prélèvements devant subir une analyse bactériologique (normes de potabilité notamment), le flacon doit être préalablement stérilisé et le prélèvement doit se faire dans un environnement stérile (30cm autour d'un bec Bunsen). Les échantillons doivent très rapidement être placés au frais et analysés sous 24 heures.

PRELEVEMENT EN CONTINU :

Les mêmes précautions que précédemment doivent être appliquées.

Cette opération ne peut se faire dans de bonnes conditions sans l'implantation sur le site d'un préleveur en continu.

Le préleveur automatique peut être soit avec flacon unique, soit deux flacons soit 24 flacons. Il peut être asservi au temps (par exemple un prélèvement toutes les 5 minutes), voir à d'autres paramètres

selon l'objectif recherché (pH, conductivité, débit, pluviométrie, turbidité...). Pour la conservation des échantillons en vue d'une analyse physico-chimique, le préleveur se doit d'être isotherme, voir réfrigéré. En revanche, dans le cas de traçage, ces dernières précautions ne semblent pas indispensables.

L'unité de temps fréquemment utilisé est de 24 heures (voir x fois 24 heures), c'est pour cette raison que les préleveurs les plus communs sont équipés de 24 flacons. Les prises d'échantillons, leurs fréquences peuvent être modifiées directement à partir du programmeur de l'appareil.

L'inconvénient principal du préleveur automatique reste son coût (environ 24 KF), son encombrement et son poids (batterie). C'est pour ces raisons que son utilisation en milieu souterrain est relativement peu commune.

MESURE PHYSICO-CHIMIQUE :

Selon l'information recherchée, l'éventail des paramètres mesurés peut être plus ou moins large. Toutefois, dans le cas de mesures de qualité, l'ensemble des paramètres suivants devra au minimum être mesuré :

MESURES DE TERRAIN :

Certains paramètres comme la température, l'O₂ dissous doivent être mesurés directement sur le terrain afin d'éviter toutes modifications trop conséquentes de leur valeur. Le pH et la conductivité se mesurent indifféremment sur le terrain avec de bons appareils portatifs, ou en laboratoire. Toutefois, il existe sur le marché des appareils permettant de mesurer avec un seul dispositif T°, conductivité et pH.

Le matériel de terrain utilisé doit faire l'objet d'un suivi régulier. Notamment, pH-mètre, conductimètre et oxymètre doivent faire l'objet de ré-étalonnage fréquent. Pour ce faire, les appareils sont délivrés avec des solutions étalons qu'il convient de conserver dans les conditions de température et de délais conforme aux prescriptions du fabricant.

Il existe sur le marché des produits compacts et robustes (sorte de stylo) simple d'utilisation. Toutefois, leur fiabilité dans le temps n'est pas toujours assurée.

Enfin, il est possible de trouver des trousseaux de terrains permettant d'estimer, par colorimétrie, la concentration en certains éléments (NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ notamment). Pour de faibles concentrations (ce qui est généralement le cas dans les milieux naturels), leur utilisation se révèle souvent hasardeuse.

- **Le pH :**

Le pH ou "puissance hydrogène" (Sorensen, 1909) mesure la concentration des ions H⁺ de l'eau, exprimée par l'inverse du logarithme décimal de l'activité en ions H⁺ de la solution, sur une échelle de 1 à 14 (pH < 7 = acide ; pH > 7 = alcalin).

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, il est étroitement lié à l'origine des eaux et à la nature des terrains traversés.

L'eau est naturellement un milieu tamponné par les divers équilibres entre ions présents. Le pH mesure la balance entre les ions hydrogènes H⁺ (qui ont un effet acidifiant) et les ions hydroxydes OH⁻ (qui ont un effet alcalinisant). C'est la présence en plus ou moins grande concentration d'ions hydrogénocarbonates (bicarbonates) HCO₃⁻ qui tamponne ces variations

En milieu karstique, le pH des eaux varie entre 7 et 8,5.

Parmi tous les paramètres physico-chimiques analysés sur le terrain, le pH est ^{est} l'un des plus difficiles à mesurer correctement. Il est nécessaire de le déterminer in situ de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques lors du transport.

- **La conductivité :**

La mesure de la conductivité permet d'avoir une image de la charge de l'eau en sels ionisés. La détermination de la conductivité consiste en une mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine maintenues parallèles.

Plus l'eau est pure, plus la résistivité est grande et la conductivité faible, plus l'eau est chargée en matières dissoutes, plus la résistivité est faible et la conductivité grande. L'unité de mesure de la conductivité est le Siemens par centimètre (S / cm) mais l'ordre de grandeur, pour les eaux naturelles, est en fait le microsiemens par centimètre (µS/cm). La conductivité s'accroît d'amont en aval des cours d'eau.

A 20°C, il faut multiplier la valeur de conductivité en mS par 0,688 pour obtenir la minéralisation globale de l'eau en mg/l

- **La température :**

Elle intervient de manière considérable sur toutes les réactions hydrochimiques et notamment sur le pH, la conductivité, le CO₂ et l'O₂ dissous... C'est donc une mesure de terrain indispensable. En milieu souterrain, les fluctuations de température sont le plus souvent limitées.

Deux mesures de température doivent être faites : celle de l'air et celle de l'eau.

- **L'oxygène dissous :**

Sa mesure permet de connaître l'aptitude des eaux à abriter des êtres vivants et de connaître l'état sanitaire de l'eau par rapport à la pollution organique. La mesure de l'oxygène se fait obligatoirement sur le terrain. La valeur s'exprime en mg/l et/ou en % de saturation.

MESURES AU LABORATOIRE :

- *Le CO₂ (gaz carbonique) dissous :*

C'est lui qui intervient de manière primordiale dans le processus de dissolution en se combinant avec l'eau (H₂O) pour donner de l'acide carbonique (HCO₃)₂ qui va lui-même permettre la décomposition de carbonate de calcium solide (CaCO₃) en bicarbonate de calcium Ca (HCO₃)₂ (en solution ionique), mais aussi en agissant ensuite directement sur ce dernier pour le maintenir en solution. La part de CO₂ en excès dans l'eau qui sert à ce dernier usage est appelée CO₂ équilibrant, par opposition au CO₂ agressif qui s'est combiné avec l'eau pour dissoudre la roche.

Une eau contenant du CO₂ dissous sera donc bien plus agressive, que ne peut le faire l'eau pure (qui sature à 14 mg de calcite (CaCO₃) par litre à 25°C). La quantité de CO₂ dissous dans l'eau dépend de la pression partielle de CO₂ (- p (CO₂ -) dans l'air et de la température de l'eau :

- dépendance vis à vis de la pression partielle de CO₂ dans l'air : c'est une application de la loi de Henry : "la solubilité d'un gaz (ici le CO₂ -NDLR-) dans un liquide (ici l'eau de l'actif -NDLR-) est, à température donnée, proportionnelle à la pression partielle de ce gaz (toujours le CO₂ -NDLR-) dans la phase gazeuse (ici l'air -NDLR) qui surmonte la solution (toujours l'eau de notre actif -NDLR-)". La P (CO₂) atmosphérique est de 0,03% en volume et l'eau de pluie est en équilibre avec cette pression partielle. Mais il suffit que les eaux météoriques percolent à travers un sol pour qu'elles se chargent en CO₂ dans cette atmosphère confinée enrichie en gaz carbonique par les racines des plantes où la P (CO₂) peut atteindre 10% (RENAULT, 1970). Dans les cavités, karstiques, la P (CO₂) peut encore atteindre 10 à 100 fois la pression partielle atmosphérique, parfois plus dans quelques cavités réputées à juste titre comme dangereuses.

- dépendance vis à vis de la température : à 20°C l'eau peut contenir deux fois moins de CO₂ qu'à 0°C. C'est là un exemple de la règle qui veut que plus la température de l'eau se réchauffe, moins la solution peut contenir de CO₂.

En résumé, une eau froide dans une atmosphère riche en CO₂ pourra elle-même être très chargée en CO₂ et donc très corrosive vis à vis des roches carbonatées.

- *La dureté totale ou titre hydrotimétrique ou TH :*

Expression de la teneur en calcium et en magnésium de l'eau. La concentration peut s'exprimer en mg/l de CaCO₃, ou en degré français (1 °f = 10 mg CaCO₃ / litre).

On peut aussi mesurer séparément les teneurs en calcium (Ca++) et en magnésium (Mg++), en mg/l.. On parle alors du dosage des ions alcalino-terreux.

- *L'alcalinité : du Titre Alcalimétrique (T.A) au Titre Alcalimétrique Complet (TAC) :*

Expression de la teneur en hydrogencarbonate (= bicarbonate) en mg/l de HCO₃⁻. On peut aussi employer le degré français.

Le T.A. dose les hydroxydes OH⁻ et les carbonates CO₃⁻⁻

Le TAC ou alcalinité totale dose OH⁻, CO₃⁻⁻, HCO₃⁻, SO₄⁻⁻(ion sulfate) et SiO₃⁻(ion silicate).

Pour les eaux karstiques, l'alcalinité varie autour de 100 à 200 mg/l.

- *Autres paramètres :*

Dans le cas d'étude complète notamment lorsqu'il y a un enjeu environnemental ou lié à l'alimentation en eaux potables, les paramètres à analyser sont multiples, on peut notamment citer:

Matières organiques : DBO₅, DCO

Matières azotées : NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, NKj

Matières phosphorées : Pt, PO₄³⁻

Matières en suspensions : MES

Turbidité.

Métaux : Cu, Cr, Fe....

Insecticides et herbicides

Etc....

L'ensemble des paramètres est précisé dans le décret du 3 janvier 1989 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Une Directive Européenne en cours d'élaboration entraînera une restriction de certains paramètres.

MESURE BACTERIOLOGIQUE :

L'eau dans le milieu karstique est bien évidemment l'élément du système le plus sensible et le plus vulnérable. En cas de pollution, le transfert est en général rapide (on parle d'une perméabilité en grand pour le karst), le pouvoir de filtration est limité voire dans certains cas quasi absent. Contrairement aux écosystèmes de surface, le milieu souterrain est également un milieu à faible pouvoir épurateur, en raison notamment des basses températures et de l'absence de lumière.

Lorsque la rivière souterraine issue de milieu calcaire est utilisée pour l'alimentation humaine, le suivi de la qualité bactériologique est essentiel.

Les analyses sont réalisées par un personnel assermenté. Les germes analysés et leurs fréquences sont fonction de l'unité de distribution et sont clairement définis dans l'arrêté d'autorisation. On distingue principalement :

Coliformes thermotolérants

Streptocoques fécaux

Coliformes fécaux

Dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C

Spores et bactéries anaérobies sulfatoréductrices.

La Caborne de Menouille

Par Jean-Claude FRACHON

Le Jura central
Le plateau de Cernon
La Caborne de Menouille
L'étude du réseau
Orientation bibliographique

1 – LE JURA CENTRAL

1.1 – Les grands ensembles du relief

✓ Carte du relief

D'ouest en est (zone centrale) :

1.1.1 – Plaine de Bresse (vallée de la Saône) – Alt.: 200-250 m

1.1.2 – Collines du Vignoble et du Revermont – Alt.: 350-400 m

1.1.3 – Plateaux :

- Plateau de Lons-le-Saunier – Alt.: 500-550 m
- Chaîne de l'Euthe (50 km SO-NE) – Alt.: 700-750 m
- Vallée de l'Ain – Alt.: 400-500 m
- Plateau de Champagnole – Alt.: 600-700 m
- La Caborne de Menouille se situe ici.

1.1.4 – Haut Jura (relief plissé) – Alt.: > 1000 m

Point culminant : Crêt de la Neige, 1717 m

1.1.5 – Plaine suisse (Léman) – Alt.: 380 m

Note :

- Plus au nord, les plateaux dominant (plateaux d'Ornans, de Levier)
- Plus au sud, les zones plissées dominant (Revermont, faisceau de Poncin, Haute Chaîne)

1.2 – Les grands ensembles structuraux

✓ Carte structurale

1.2.1 – Dépressions bordières

- A l'ouest : fossé tertiaire bressan
- A l'est : plaine molassique suisse

1.2.2 – Faisceaux plissés

- Etroites zones disloquées, plissées et faillées (encadrent les plateaux)
- Dans le secteur de Menouille :
 - Faisceau de Lons (déprimé, calcaires érodés jusqu'aux marnes)
 - Faisceau d'Orgelet-Poncin (en relief)
 - Chaîne de l'Euthe (en relief)
- Cas particulier de l'Euthe ("pincée" de Glangeaud) :

✓ Croquis pincée

- 50 km d'Orgelet à Salins
- Etroite zone effondrée lors de la distension oligocène (affaissement bressan)
- Plissée et disloquée lors de la compression pontienne

1.2.3 – Plateaux

- Plateaux calcaires tabulaires ou faiblement ondulés, faillés, parfois légèrement inclinés vers l'intérieur de la chaîne (est).
- Dans le secteur de Cernon :
 - Pointe sud du plateau de lédonien (= plateau d'Arinthod)

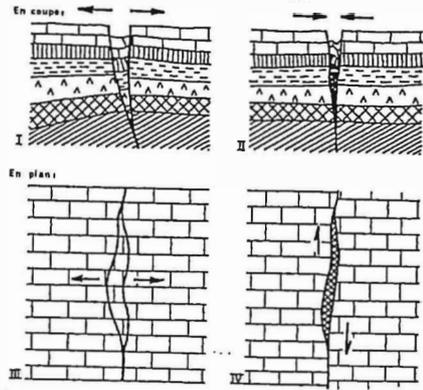
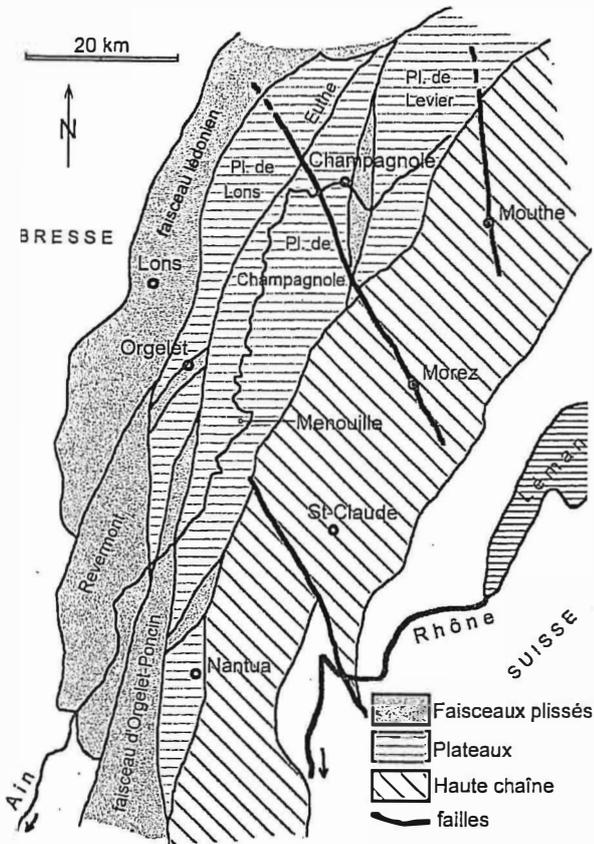
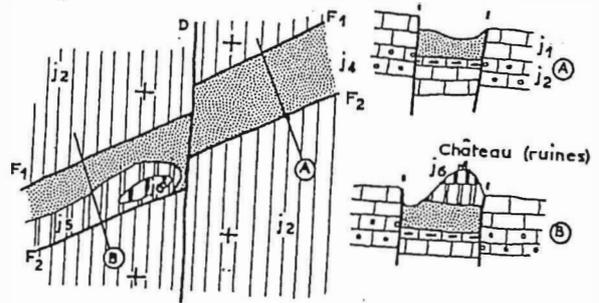
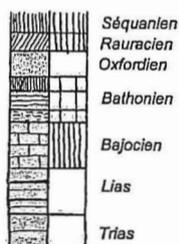
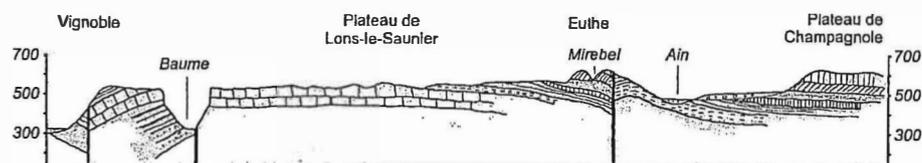
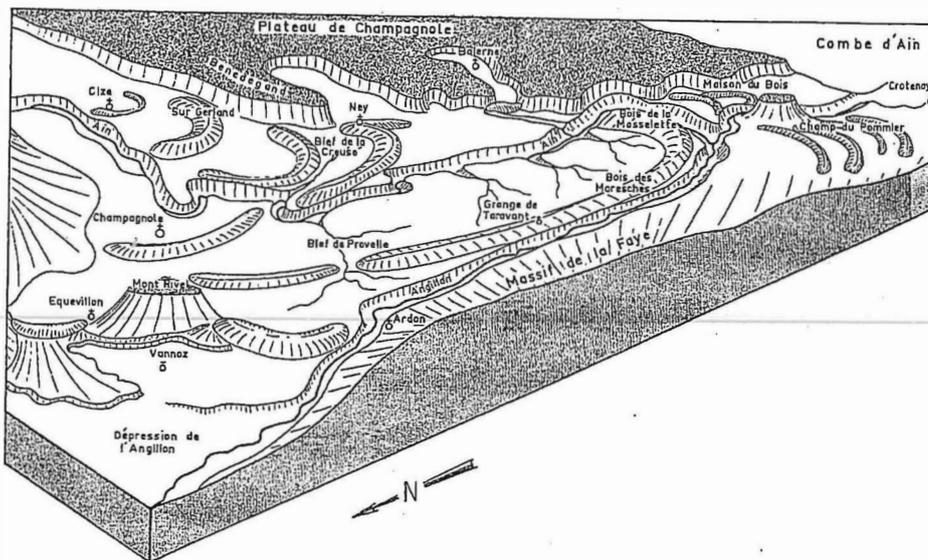


Fig. 9. - Les pincées.
 En haut (en coupe) formation d'une pincée selon L. Glangeaud. - I, phase de distension. - II, phase de compression. En bas, (en plan) évolution d'une pincée le long d'un décrochement.
 Cette seconde explication tient compte de la présence de stries horizontales sur les miroirs de faille, de l'aspect des compartiments encaissants non déformés et du déboullement de la faille originelle. Elle permet de comprendre comment la partie centrale étranglée a été comprimée lors du déplacement relatif des deux blocs non déformés.



La chaîne de l'Euthie au niveau de Montrond.



Coupe géologique simplifiée

- Pointe sud du plateau de Champagnole (= plateau de Lect-Cernon)

1.2.4 – Haute Chaîne

- Plis parallèles SO-NE
- Relief jurassien classique : anticlinaux (monts), synclinaux (vaux), combes, crêts, cluses, ...

✓ Croquis relief

1.2.5 – Failles

- Méridiennes (N-S) chevauchantes à l'ouest – Ex.: faisceau lédonien
- Varisques (SO-NE) – Ex.: faisceau d'Orgelet
- Décrochements senestres (SE-NO) rayonnant en éventail, surtout dans la haute chaîne – Ex.: décrochement de Morez

2 – LE PLATEAU DE CERNON

2.1 – Situation et relief

✓ Carte topographique du plateau

2.1.1 – Situation

- Dans une boucle de l'Ain, qui l'encadre au nord, à l'est et au sud
- Limité à l'ouest par les hauteurs du Bois des Cantons (alt.: 700-750 m) qui le domine de 200 m (= faisceau d'Orgelet-Poncin)

2.1.2 – Relief

- Plateau alt. 500-530 m, qui domine le fond de la vallée de l'Ain de 200 m environ
- Superficie : environ 3 km²

2.2 – Stratigraphie

✓ Echelle stratigraphique

✓ Coupe géologique du plateau

2.2.1 – Le plateau appartient, pour l'essentiel, aux calcaires du Jurassique supérieur (Malm) :

- calcaires à grains fins, lithographiques
- parfois détritiques, mais bien cimentés
- dolomies

2.2.2 – Corniches latérales

- Kimméridgien (J8) / Séquanien (J7)

2.2.3 – Surface (affleurements)

- A l'est : Kimméridgien (J8)
- Centre-sud : Portlandien (J9)
Au lieu-dit "La Double", au nord des cités EDF, près du réservoir, mamelon crétacé : Valanginien (n2) / Purbeckien (JP)
- A l'ouest : affleurements crétacés Hauterivien (n3) / Valanginien (n2), mais au-delà de la 'faille de Cernon', dans le compartiment du Bois des Cantons (faisceau d'Orgelet-Poncin)

2.2.4 – Vallée de l'Ain

- Terrasses glaciaires du Würm (notamment à l'aval du barrage)
- Forages montrent 40 m d'épaisseur -> la vallée de l'Ain a été creusée jusqu'à 300-320 m d'altitude avant le Würm.

2.3 – Structure

- ✓ Coupe géologique du plateau
- ✓ Carte structurale du plateau

Le plateau est affecté d'un certain nombre d'accidents, mis en évidence sur la carte structurale du 25/09/1961

2.3.1 – Faille de Cernon

- Faisceau de failles méridiennes, qui borde le plateau à l'ouest, et le sépare du synclinal crétacé du Bois des Cantons

2.3.2 – Flexure

- Axe N-S, décelable sur plusieurs kilomètres vers le nord
- La Caborne de Menouille s'ouvre sur cette flexure

2.3.3 – Petite faille du plateau de Cernon

- Faille senestre (SE-NO) à regard SO
- La partie du plateau comprise entre la flexure et la 'Petite faille du plateau de Cernon' est donc effondrée en fossé.

2.3.4 – Micro-failles et fissures

- Réseau essentiellement NO-SE et E-O

Cette structure conditionne largement le tracé des réseaux souterrains :

- Caborne de Menouille (voir chapitre 3.3)
- Trou Guy (voir carte structurale)

3 – LA CABORNE DE MENOUILLE

3.1 – Description

- ✓ Plan de la Caborne de Menouille
- ✓ Bloc diagramme (coupe) de la Caborne

Coordonnées : 854,80 – 160,33 – 403 (ancienne) 397 (actuelle)

Développement : 6 665 m (depuis 1987)

Dénivellation : 157 m (-55, +102) depuis 1964

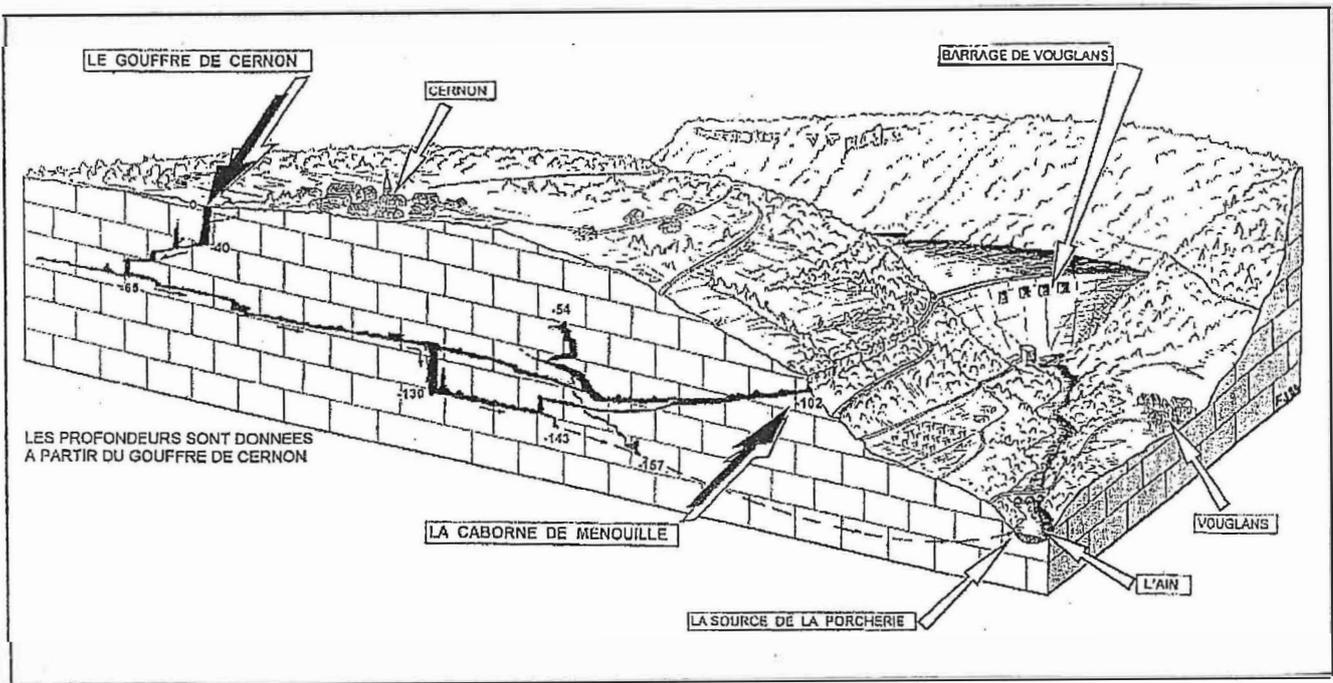
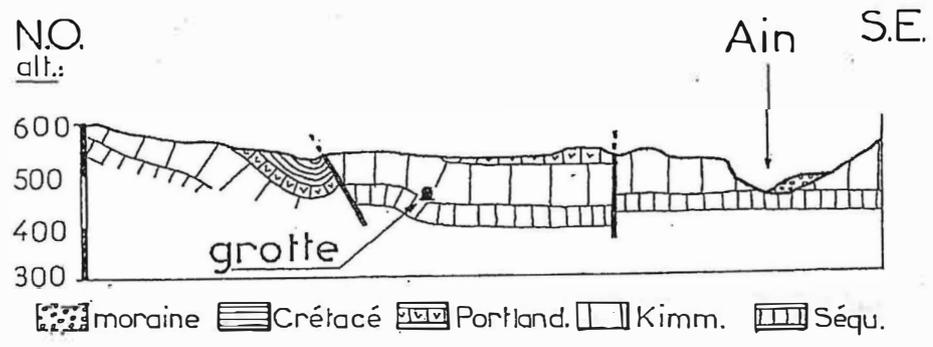
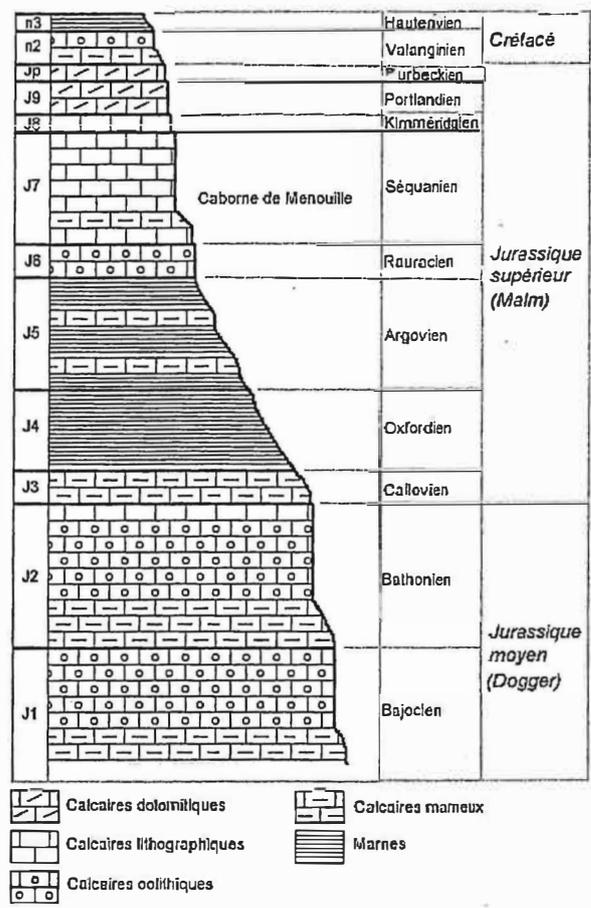
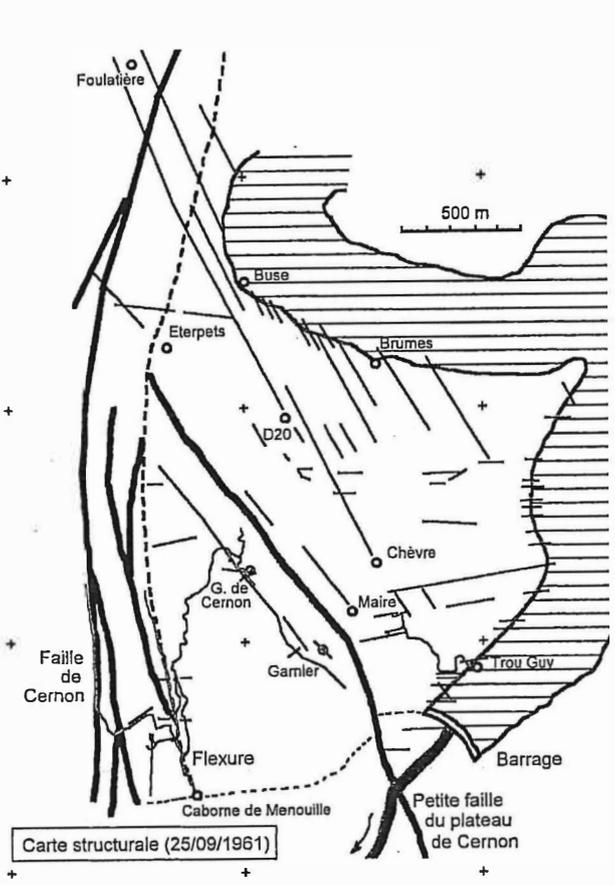
3.1.1 – Galerie d'entrée

- Anciennement : boyaux avec voûtes-mouillantes, puits de 7 m et bassins - Agrandie en tunnel depuis 1961
- Laisse à droite le départ du Réseau Inférieur, à 320 m de l'entrée
- Conduit à la Salle à Manger, à 400 m de l'entrée

Développement total avec diverticules : 450 m

3.1.2 – Réseau Inférieur

- S'ouvre à 320 m de l'entrée (carrefour)
- Galerie avec P.15, conduisant au pied du P.60 (480 m du carrefour, 800 m de l'entrée), d'où provient la rivière qui se perd dans un boyau



Développement total avec diverticules : 520 m

3.1.3 – Réseau Ouest

- S'ouvre dans la Salle à Manger, au sommet d'une coulée stalagmitique de 20 m
- Galerie 80 m conduisant :
 - d'une part à un ruisseau explorable sur 70 m vers l'amont (+13)
 - d'autre part à un étage supérieur ("Super-Menouille") avec cheminée et ruisseau 100 m (+45)

Développement total avec diverticules : 460 m

3.1.4 – Réseau Est

- S'ouvre dans la Salle à Manger, dans la coulée stalagmitique (à gauche)
- Boyau 20 m - P9 - boyau 150 m avec ruisseau (celui du Réseau Ouest) - P7 - P5 - Salle Josette - P6 (-55)

Développement total avec diverticules : 220 m

3.1.5 – Réseau Mystère

- S'ouvre dans la Salle à Manger, presque au sommet de la coulée stalagmitique (à droite)
- Diaclase 15 m - S1 (siphon 30 m) – galerie 60 m – P6 – galerie 180 m avec voûte-mouillante – P5 – S2 (siphon 8 m) – S3 (20 m) – galerie 1 065 m avec cheminée 20 m.

Développement total avec diverticules : 1 470 m

3.1.6 – Chemin de Croix

- S'ouvre dans la Salle à Manger, dans la paroi nord (à gauche du Réseau Supérieur)
- Boyau 300 m avec laisses d'eau – P4 (puits Kobuss) – Boyau 180 m avec ressauts – Boyau plus étroit 140 m - A droite, cheminée arrosée et perte – A gauche, boyau très étroit 130 m terminé par voûte-mouillante et cloche, à 750 m de la Salle à Manger (-13)

Développement total avec diverticules : 800 m

3.1.7 – Réseau Supérieur

- S'ouvre dans la Salle à Manger, en face de la galerie d'entrée (échelons métalliques)
- Galerie fossile 340 m (dont 70 m de reptation), conduisant au sommet du P60, à 740 de l'entrée (+11).
- Le P60 mesure 40 m et rejoint le Réseau Inférieur

Développement total avec diverticules : 450 m

3.1.8 – Rivière amont du P60

- Accès par traversée du sommet du P60
- Vers l'amont, galerie 500 m avec rivière, bassins, étroitures – Cascade de 10 m – Galerie 60 m et bouchon stalagmitique, à 560 m du P60 (1300 m de l'entrée)

Développement total avec diverticules : 650 m

3.1.9 – Rivière Frachon

- Suite amont de la précédente. Accès par lucarne artificielle en plafond.
- Galerie plus étroite (cascade 4 m, bassins, éboulis) sur 400 m, jusqu'à une voûte mouillante (Siphon des Baignades) et la base du Puits des Poules-Mouillées (jonction avec gouffre de Cernon), à 965 m du P60 et 1705 m de l'entrée (+37)

Développement total avec diverticules : 485 m

3.1.10 – Gouffre de Cernon

- Coordonnées : 854,95 – 161,25 - 503
- Puits (artificiel) de 40 m

- A -25, amont actif explorable sur 85 m
 - A -30, méandre aval 60 m – R6 – Salle et boyau – Siphon de la Boue (3 m) – Méandre 50 m - P9 (puits de l'Erreur) – Boyau 25 m – R3
 - Galerie avec ruisseau
 - Amont : méandre étroit 260 m, suite à voir (450 m de l'orifice, -48)
 - Aval : méandre 50 m, étroiture, P10 (puits des Poules-Mouillées), jonction avec la Caborne, à 260 m de l'orifice (-65, soit cote +37 de la Caborne)
- Développement total avec diverticules : 890 m

	Développement	Développement cumulé
Galerie d'entrée	450 m	450 m
Réseau Inférieur	520 m	970 m
Réseau Ouest	460 m	1 430 m
Réseau Est	220 m	1 650 m
Réseau Mystère	1 470 m	3 120 m
Chemin de Croix	800 m	3 920 m
Réseau Supérieur	450 m	4 370 m
Rivière Amont du P60	650 m	5 020 m
Rivière Frachon	485 m	5 505 m
Gouffre de Cernon	890 m	6 395 m
Divers	270 m	6 665 m

3.2 – Hydrographie

3.2.1 – Alimentation (colorations)

✓ Carte des colorations

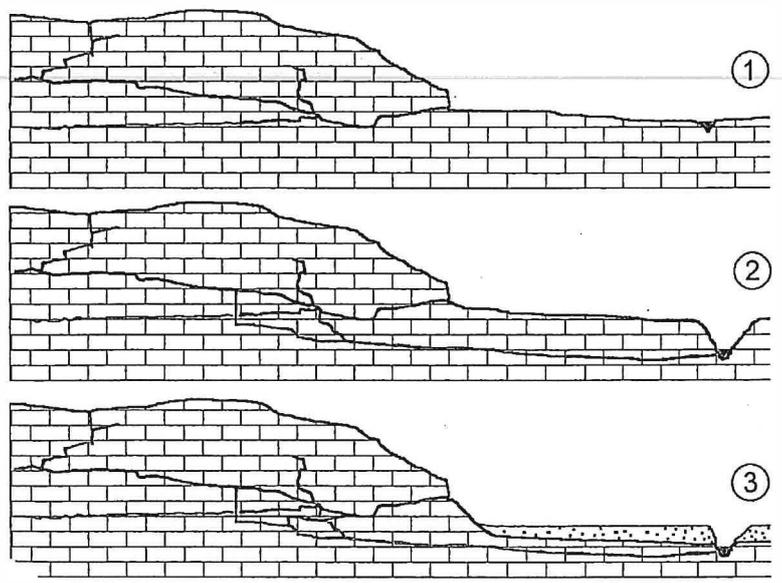
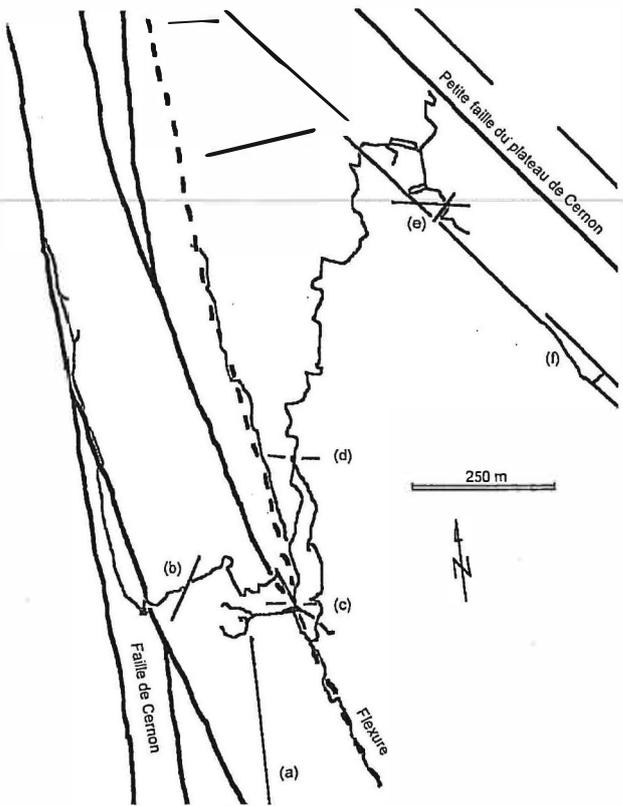
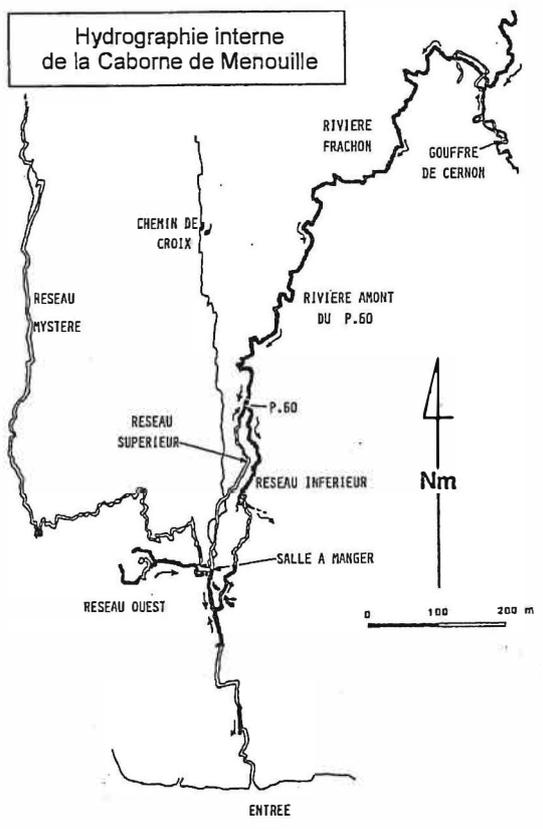
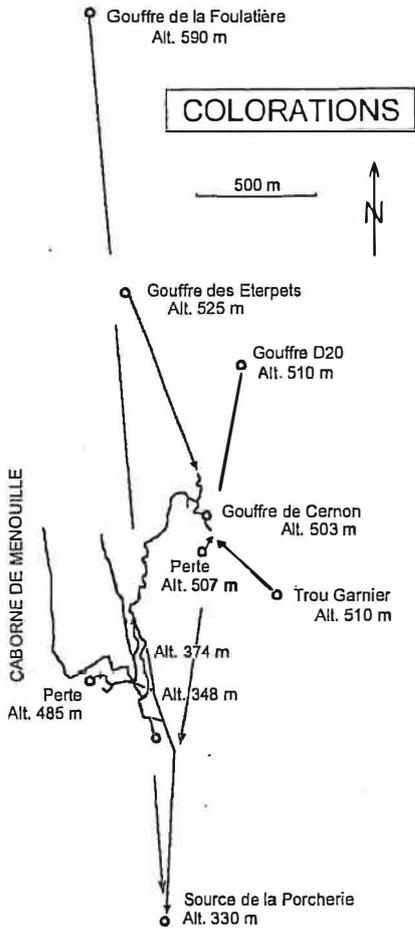
3.2.1.1 – Nord

- Doline d'Onoz (854,90 – 167,10 – 580)
 - Située à 6 800 m au nord de l'entrée de la Caborne
 - Doline perte
 - Résurgence : source de la Porcherie, à 7 600 m au sud (coloration 25/01/1967)
 - Temps de passage : 140 h
- Gouffre de la Foulatière (854,55 – 163,50 – 590)
 - Situé à 3 200 m au nord de l'entrée de la Caborne
 - P20, diaclase, salle à -48 m
 - En crue, ruisselet et perte. Résurgence : source de la Porcherie, à 4 000 m au sud (coloration 19 mars 1965)
 - Temps de passage : 18 h 30
- Gouffre des Eterpets (854,66 – 162,25 – 525 – carte IGN)
 - Situé à 1 900 m au nord de l'entrée de la Caborne
 - Désobstruction 1963. - P32, galerie 10 m, obstruction
 - En crue, ruisselet et perte. Résurgence : rivière Frachon, à 800 m au sud (coloration mars 1965)

3.2.1.2 – Ouest

- Source et perte du plateau (854,55 – 160,85 – 485)

3.2.1.3 – Est



- Gouffre D20 (855,15 – 161,97 – 510)
 - Situé à 1 700 m au NE de l'entrée de la Caborne
 - Puits de 20 m, fissure sondée à –30 m
 - Résurgence: source de la Porcherie, à 2 500 m au SO (coloration 13/01/1964)
 - Temps de passage : 18 h
- Source (ancien captage) et perte (855,00 – 161,15 – 507)
 - Située à 100 m au sud du gouffre de Cernon
 - Résurgence : amont du gouffre de Cernon, à 50 m au nord
- Trou Garnier (855,33 – 160,96 – 510)
 - Situé à 470 m au SE du gouffre de Cernon
 - Désobstruction 1961 - Fissure conduisant à –12m
 - Ruisselet temporaire et perte. Résurgence : amont du gouffre de Cernon, à 400 m au NO et Source de la Porcherie (coloration 19/03/1963)
 - Temps de passage : 16 h (Porcherie)

3.2.2 - Résurgence

Sur la rive droite de l'Ain, 300 m en aval du pont de Vouglans, à 800 m au sud de l'entrée de la Caborne (854,84 – 159,50 – 330)

Liaison montrée par de multiples colorations, la première étant celle de septembre 1961 au bas du P15 (réseau Inférieur).

3.2.3 – Circulations internes

✓ Hydrographie interne de la Caborne

3.2.3.1 – Axe Nord-Sud

- Gouffre de Cernon : 250 m de ruisseau, affluent de la rivière de la Faille
- Rivière de la Faille -> Rivière Frachon -> Rivière Amont du P60 -> P60 -> Perte base P60 -> Sous-écoulement -> Perte bas P15 (réseau Inférieur) : total 1 400 m de cours principal.

Total général : 1 650 m de cours actif

3.2.3.2 – Axe Ouest-Est

- Rivière Ouest Amont (70 m) + Rivière Denis (100 m) -> P20 -> Réseau Ouest (80 m) -> Réseau Est (150 m) -> perte Salle Josette

Total général : 400 m de cours actif

3.2.3.3 – Circulations diverses (hautes eaux, avant travaux 1961)

- Galerie d'entrée :
 - Source des anciens siphons (boyau Mathon) -> perte
 - Arrivée d'eau du P7 -> réseau Inférieur
 - Salle à Manger -> Cloches -> réseau Inférieur
- Réseau Inférieur :
 - Perte dans P6 latéral
- Chemin de Croix :
 - cheminée arrosée et perte (à 620 m de la Salle à Manger)
- Réseau Mystère :
 - Plusieurs arrivées et pertes
- Réseau Supérieur :
 - Arrivée d'eau avant le P60 -> déversement dans P60

3.3 – Adaptation à la structure

✓ Carte de l'adaptation à la structure

- 3.3.1 – La flexure oriente :
- Galerie d'entrée jusqu'à la Salle à Manger
 - Pente de la Salle à Manger
 - Réseau Supérieur (jusqu'au P60)
 - Réseau Inférieur (jusqu'au P60)
 - Chemin de Croix
 - Réseau Est
- 3.3.2 – La faille satellite de la flexure (à l'ouest) oriente :
- Galerie d'entrée du Réseau Mystère
- 3.3.3 – La fissure au sud du réseau Ouest (a) oriente :
- Puits du Super Menouille
 - Galerie du Réseau Mystère entre le P6 et la v.m.1
- 3.3.4 – La fissure à l'ouest du réseau Ouest (b) oriente :
- Galerie du Réseau Mystère entre v.m.1 et cheminée
- 3.3.5 – La faille de Cernon oriente :
- Cheminée du Réseau Mystère
 - Réseau Mystère de la cheminée au terminus
- 3.3.6 – La fissure (c) oriente :
- La Salle à Manger
- 3.3.7 – La fissure (d) oriente :
- Le P60
- 3.3.8 – Les fissures (e) orientent :
- L'orifice du gouffre de Cernon
 - Une partie des galeries amont et aval du gouffre de Cernon
- 3.3.9 – La fissure (f) oriente :
- La communication entre Trou Garnier et gouffre de Cernon
 - Une partie des galeries aval du gouffre de Cernon
- 3.3.10 – La petite faille du plateau de Cernon oriente :
- L'amont de la rivière de la Faille (g. de Cernon)
 - La communication entre gouffres des Eterpets et de Cernon

3.4 – Genèse et évolution (hypothèses)

✓ Genèse de la Caborne de Menouille

- 3.4.1 – Creusement des axes principaux :
- Gouffre de Cernon et Rivière de la Faille -> Rivière Frachon -> Rivière Amont du P60 -> Réseau Supérieur -> Salle à Manger
 - Super Menouille -> Réseau Ouest -> Salle à Manger
 - Réseau Mystère -> Salle à Manger
 - L'ensemble -> Salle à Manger -> porche actuel (vaclusien)
- 3.4.2 – Enfouissement (abaissement vallée de l'Ain)
- Creusement P.60 -> Réseau Inférieur -> Sortie inférieure (vers 330 m alt.)
 - Surcreusement Réseau Ouest, et capture vers réseau Est

3.4.3 – Comblement (Würm)

- Comblement galerie d'entrée (fluvio-glaciaire)
- Terrasse de 360 m au sud du plateau
- Comblement des conduits jusqu'à 360 m d'altitude (lacustre)
- Peut-être creusement P15 de bas en haut (trop-plein réseau Inf.)

3.4.4 – Reprise d'érosion post-würmienne

- Déblaiement des conduits (exemple: début du Réseau Mystère)
- Nouveaux conduits d'évacuation (exemple: perte bas P15)
- Peut-être creusement P15 de bas en haut (trop-plein réseau Inf.)
- Peut-être creusement du Chemin de Croix

3.5 – Autres cavités du plateau de Cernon

Gouffre de la Foulatière

854,55 – 163,50 – 590 - Puits de 20 m, diaclase et salle à –48 m - Arrivée d'eau temporaire et perte - Coloration (19/03/1965) - Réapparition : source de la Porcherie

Trou de la Buse

854,97 – 162,57 – 470 - Boyau de 10 m

Gouffre des Eterpets

854,66 – 162,25 – 525

Puits de 32 m, galerie en diaclase 10 m, colmatage - Arrivée d'eau temporaire et perte - Coloration (mars 1965) - Réapparition : nord de la rivière Frachon (Caborne) - Actuellement rebouché

Trou des Brumes

855,55 – 162,22 – 434 - Grotte de 20 m

Gouffre D20

855,15 – 161,97 – 510 - Puits de 20 m, fissure sondée à –30m - Coloration (13/01/1964) - Réapparition : source de la Porcherie - Actuellement rebouché

Trou de la Chèvre

855,56 – 161,36 – 500 - Puits de 10 m, boyau incliné, P10, pente conduisant à un siphon à -28 Coloration (13 mai 1963) avec 5 kg de fluorescéine et 88 m³ d'eau - Réapparition : Trou Blanc (856,32 – 161,30 – 392) en 45h (lui-même trop-plein du Trou Guy) - Actuellement rebouché

Trou du Maire

855,46 – 161,11 – 494 - Puits de 27m (diamètre 2 m), avec arrivée d'eau et perte - Sans doute en communication avec le Trou Guy - Actuellement rebouché

Trou Garnier

855,33 – 160,96 – 510 - Diaclase étroite jusqu'à –10, éboulis jusqu'à –12 - Coloration (19 mars 1963) avec 10 kg de fluorescéine et 44 m³ d'eau - Réapparition : gouffre de Cernon et résurgence de la Porcherie

Trou Guy

855,88 – 160,85 – 429 - Rivière souterraine explorée sur 750 m - Actuellement submergé par la retenue du barrage de Vouglans

Grotte de l'Ognon

854,50 – 160,56 – 460 - Exsurgence temporaire, longue de 10 m

Le terminus du réseau Ouest de la Caborne est à 75 m à vol d'oiseau, et 40 m plus bas

4 – L'ETUDE DU RESEAU

4.1 – Chronologie des explorations et études

4.1.1 – Avant 1947 - [habitants de Menouille]

Galerie d'entrée: Exploration sur 130 m, jusqu'à la v.m.2

Total : Développement : 130 m – Dénivellation : 5 m (-5)

4.1.2 – 1948 – [G.S. Jurassien, et Ajistes]

Galerie d'entrée: Exploration de 270 m supplémentaires, jusqu'à la Salle à Manger, après vidange de la v.m.2 et de la v.m.3 (Salle à Manger)

Réseau Inférieur : : Exploration sur 480 m, jusqu'au bas du P60

Réseau Supérieur: : Exploration sur 340 m, jusqu'au sommet du P60

Total : Développement : 1 220 m – Dénivellation : 50 m (-35, +15)

4.1.3 – 1949 - [G.S. Jurassien, et Ajistes]

Réseau supérieur : Descente du P60, et jonction avec le Réseau Inférieur

Réseau Ouest : Exploration sur 80 m, jusqu'à l'entrée de la Rivière Ouest

Réseau Est : Exploration sur 200 m, jusqu'à la Salle Josette

Chemin de Croix : Exploration sur 570 m, jusqu'au carrefour

Total : Développement : 2 130 m – Dénivellation : 70 m (-55, +15)

4.1.4 – 1959 – [G.S. Jurassien et S.C. Paris]

Réseau Ouest : Exploration sur 70 m supplémentaires, jusqu'à l'extrémité de la Rivière Ouest

Rivière Amont du P60 : Exploration sur 550 m, jusqu'au bouchon stalagmitique

Total : Développement : 2 750 m – Dénivellation : 87 m (-55, +32)

4.1.5 – 1960 – [G.S. Jurassien]

Réseau Ouest : Exploration du "Super Menouille", sur 250 m

Total : Développement : 3 000 m – Dénivellation : 87 m (-55, +32)

4.1.6 – 1961 – [G.S. Jurassien]

Gouffre de Cernon : Exploration de la galerie amont (85 m) et de l'aval sur 210 m, jusqu'au siphon de la Boue

Réseau Inférieur : Désobstruction du P10, à la perte aval (25 m)

Réseau Mystère : Vidange de voûtes mouillantes, et exploration sur 405 m (jusqu'au S2)

Chemin de Croix : Exploration de 180 m supplémentaires, jusqu'à la voûte mouillante

Divers : Exploration de plusieurs diverticules, dans la Caborne, totalisant 295 m

Total : Développement : 4 200 m – Dénivellation : 91 m (-55, +36)

4.1.7 – 1962 – [G.S. Jurassien]

Réseau Est : Exploration de la cheminée de la Salle Josette (20 m)

Total : : Développement : 4 220 m – Dénivellation : 91 m (-55, +36)

4.1.8 – 1963 – [G.S. Jurassien]

Gouffre de Cernon : Franchissement du siphon de la Boue, et exploration de 40 m vers l'aval, jusqu'à une étroiture

Rivière Frachon : Désobstruction de l'étroiture d'accès, et exploration sur 340 m, jusqu'au siphon des Baignades

Total : Développement : 4 600 m – Dénivellation : 105 m (-55, +50)

4.1.9 – 1964 – [G.S. Jurassien]

Rivière Frachon : Exploration de 145 m supplémentaires, notamment jusqu'au puits des Poules Mouillées

Gouffre de Cernon : Franchissement de l'étroiture terminale, et jonction avec la Caborne, au puits des Poules Mouillées. Exploration de 400 m de galeries, notamment vers le nord (rivière de la Faille)

Entrée de la Caborne de Menouille.

Depuis l'été 1961, dans le cadre des études pour l'implantation du barrage de Vouglans, Electricité de France a chargé le Groupe Spéléologique Jurassien d'explorer cette grotte, susceptible de provoquer des fuites d'eau. Pour faciliter les explorations et les études hydrogéologiques, les 300 premiers mètres de la cavité vont être élargis par des entreprises de travaux publics, ce qui supprimera plusieurs siphons gênants. D'où cet aspect de mine artificielle que revêt le porche, où on pénétrait primitivement en rampant sous la voûte...

Cliché : J.C. Frachon - 28 octobre 1962



Préparatifs.

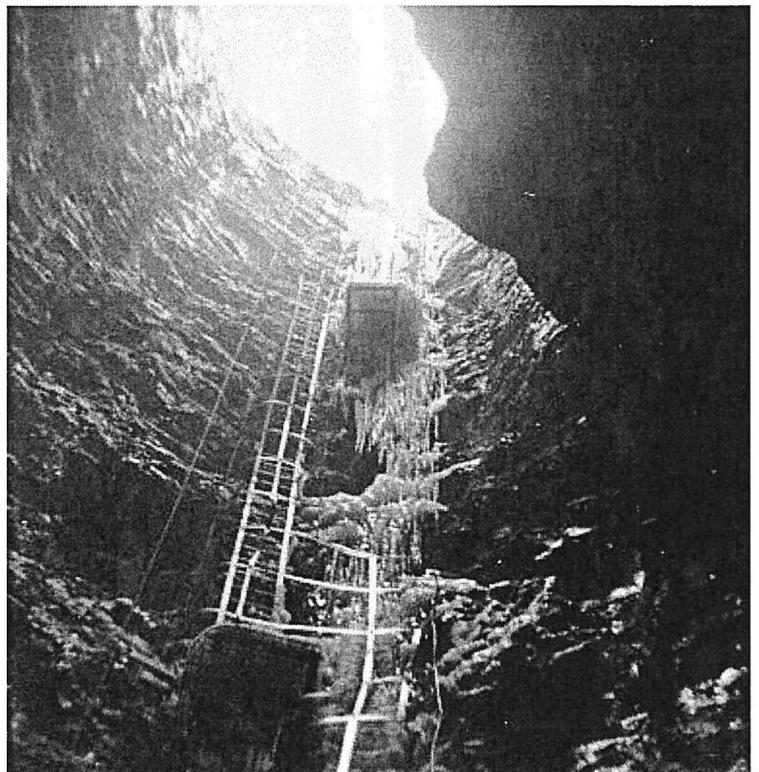
De gauche à droite : Bernard Callier, André Pyanet, Michel Mathieu, Guy Coulois.

Cliché : J.C. Frachon - 28 octobre 1962

Gouffre de Cernon (Jura).

Les ruissellements dans le puits d'entrée, profond de 40 m, forment des draperies de glace sous l'effet des fortes gelées. (ce puits a été équipé d'échelles fixes par E.D.F. en 1961).

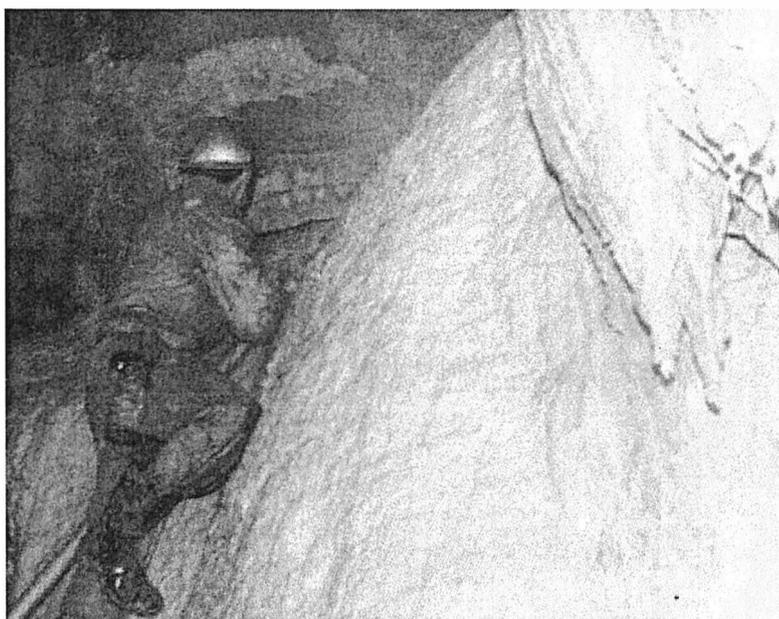
Cliché : J.C. Frachon - 3 février 1963



Gouffre de Cernon (Jura).

Jean-Claude Frachon s'équipe.
Noter l'état de la combinaison...
La température est de -20°...

Cliché : André Pyanet - 3 février 1963



Découverte du réseau "Super Menouille".

JC Frachon gravit en première la salle du Dôme,
à l'aide d'un mât d'escalade.
Le bloc qui le domine tombera, seul,
quelques minutes plus tard.

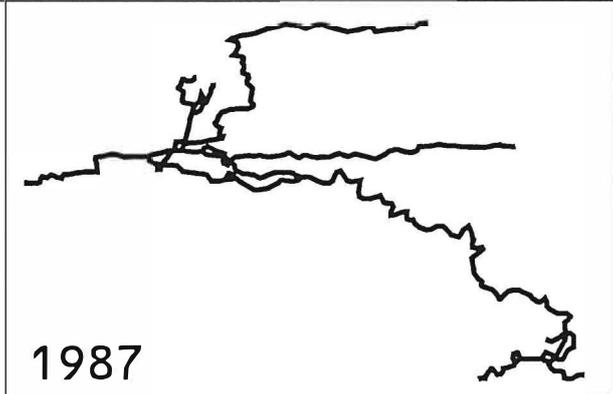
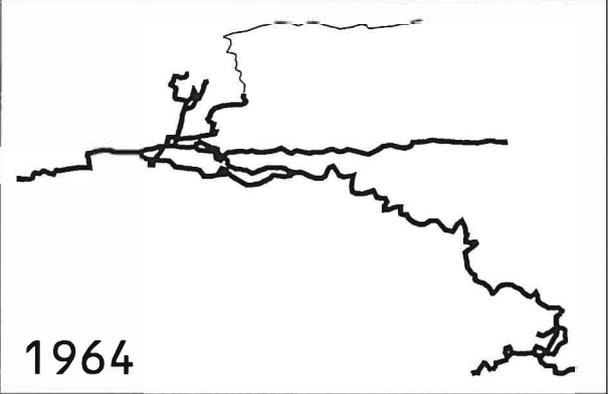
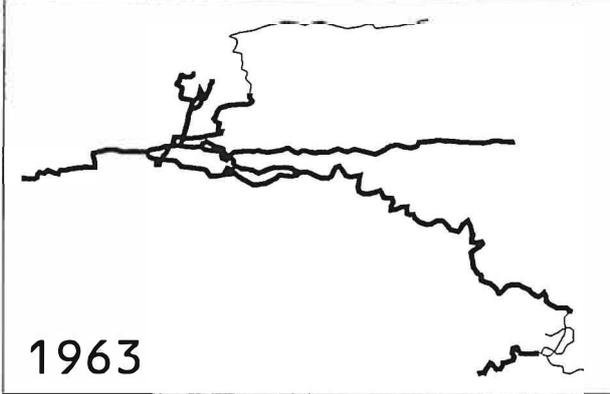
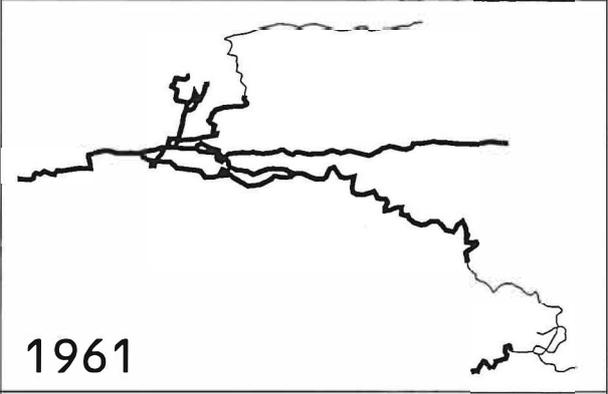
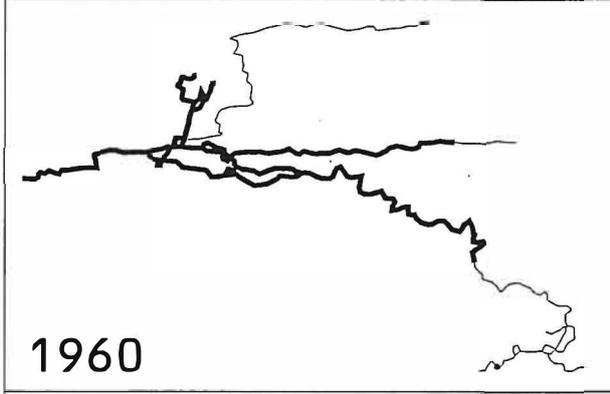
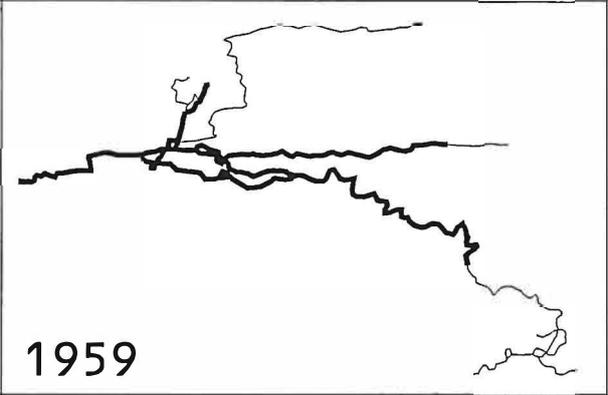
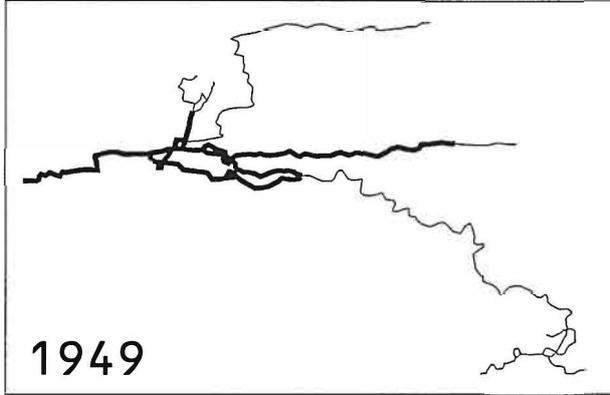
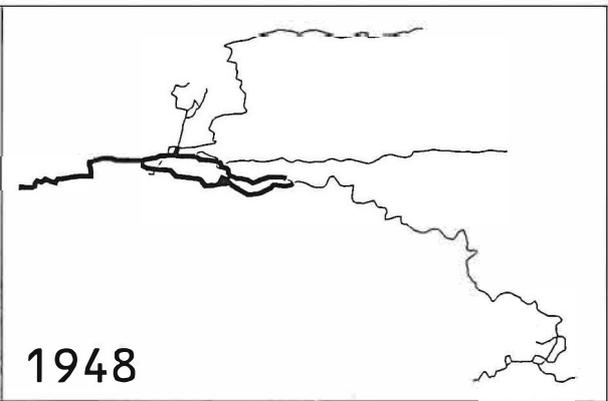
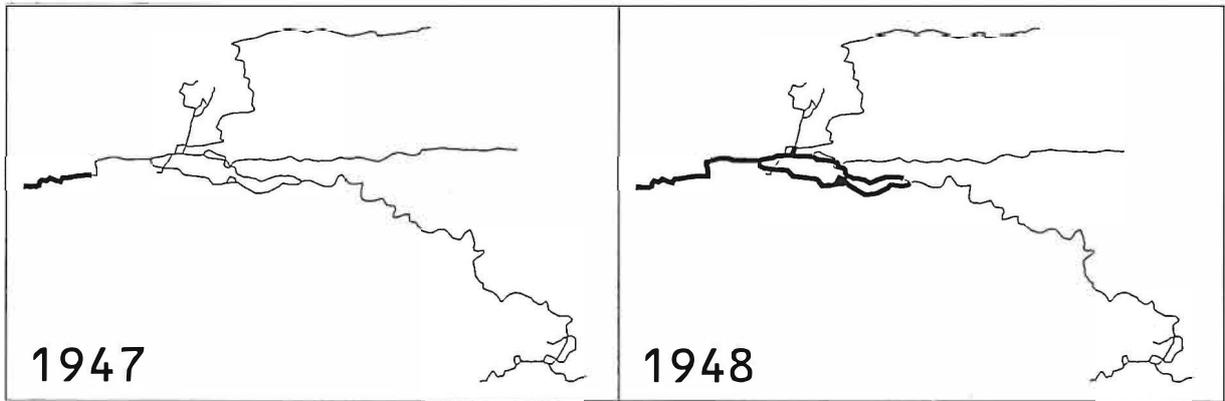
Cliché : Denis Foray - 29 janvier 1961

Caborne de Menouille (Cernon, Jura).

André Pyanet, dans la perte du réseau Inférieur.

Cliché : J.C. Frachon - 25 mars 1962





Divers : Exploration de plusieurs diverticules, dans la Caborne et le gouffre de Cernon, totalisant 300 m

Total : Développement : 4 600 m – Dénivellation : 157 m (-55, +102)

4.1.10 – 1987 – [S.C. San-Claudian]

Réseau Mystère : Franchissement des S2 et S3, et exploration de 1065 m de galeries jusqu'à un S4

Total : Développement : 6 665 m – Dénivellation : 157 m (-55, +102)

4.1.11 – Divers

1960-1964 : Etudes hydrogéologiques G.S. Jurassien pour le compte d'EDF

1965-1970 : Contrôles hydrologiques par EDF

Depuis 1998 : Etude des contraintes mécaniques, par le Laboratoire de géologie de l'Université de Besançon

4.2 – Problématique du barrage de Vouglans

4.2.1 – Projet de barrage

1957 : projet EDF d'un barrage hydroélectrique - Un kilomètre en amont de la Caborne
590 millions de m³. Elevant le niveau primitif de la rivière de plus de 100 m (-> cote 430)

Dans des assises calcaires.

4.2.2 – Incertitudes

Tracé de l'Ain en boucle, en amont du barrage (au nord) - Plateau calcaire fissuré et faillé
Caborne de Menouille située à l'aval du barrage, à la cote 403 connue sur 800 m à vol d'oiseau vers le nord (2200 m de développement) avec ruisseaux souterrains placée sur tracé flexure et faille se dirigeant plein nord (vers l'Ain en amont du barrage).

Problème : la Caborne n'est-elle pas une ancienne perte de l'Ain, ou un réseau souterrain tronçonné par la boucle de l'Ain -> risques de fuites amont-aval, court-circuitant le barrage lorsqu'il sera mis en eau ?

4.2.3 – Collaboration avec les spéléologues

Aides financières et techniques pour l'exploration de la Caborne

Exploration réalisée de 1959 à 1964 - Mise en évidence d'une cavité 'endogène', alimentée par le plateau, avec amont des actifs au-dessus de la cote 430

Note: reste le problème du réseau Mystère (cote 390-400 m)

4.2.4 – Conséquences de la mise en eau du barrage

Quelques mini-séismes - Pas d'accroissement des débits dans la Caborne (mesures par limnigraphes)

4.3 – Pistes d'étude

4.3.1 – Galerie d'entrée

Remplissages fluvioglaciers - Détente voûte – Flexure – Sections – Cloches - Analyses physico-chimiques de l'eau (anciens siphons) - Salle à Manger (topo, modelés, remplissages)

4.3.2 – Réseau Inférieur

Partie supérieure – Sections – Modelés - Témoins de calcite - Partie inférieure – Sections - Plaquettes calcite - Sous-écoulement - Morphologie zone P60 - Débit rivière - Analyses physico-chimiques de l'eau

4.3.3 – Réseau Ouest

Sections galerie Ouest - Remplissages galerie Ouest - Débit rivière - Analyses physico-chimiques de l'eau - Etagement Super-Menouille - Remplissages Super-Menouille (galets, argiles)

4.3.4 – Réseau Supérieur

Sections - Remplissages (argiles varvées, sable) - Tracé en baïonnette du ramping - Manganèse (?) dans ramping - Morphologie secteur du P60

4.3.5 – Rivière Amont du P60 (et Rivière Frachon)

Sections – Fissuration - Débit rivière - Analyses physico-chimiques de l'eau - Remplissages (argiles varvées, sédiments rivière) - Gours (actifs et fossiles) - Morphologie secteur cascade 10 m

4.3.6 – Résurgence (source de la porcherie)

Débit - Analyses physico-chimiques de l'eau

4.3.7 – Possibilités d'exploration

Réseau Mystère : plonger le S4 - Rivière Frachon : suite en amont de la rivière de la Faille (g. de Cernon) - Chemin de Croix : désobstruer l'étranglement terminale

5 – ORIENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

5.1 - Jura (géographie, géologie)

- Chabot, G. (1927): Les plateaux du Jura central.- Strasbourg: 350 p.
- Chauve, P. (1975): Jura.- *Guides géologiques régionaux*.- Masson, Paris: 216 p.
- Gresser, P. et al. (1988): Le guide du Jura.- La Manufacture, Lyon: 396 p.

5.2 – Plateau de Cernon

- Carte topographique au 1/25 000 (IGN) St-Claude – Lac de Vouglans (3327-OT)
- Carte géologique au 1/50 000 (BRGM) Moirans-en-Montagne (XXXII-28)
- Clin, M. (1964): Contribution à la géologie des feuilles de Moirans et Nantua...- *Bulletin des Services de la Carte géologique de France* 276-LX
- Documents EDF (inédits)

5.3 – Caborne de Menouille (chronologique)

- Chaneaux, J. (1949): La Caborne de Menouille, près Moirans (Jura).- *Bulletin de l'Association Spéléologique de l'Est* II (3):37-41
- R.P. (1949): Exploration à la Caborne de Menouille, près Moirans (Jura).- *Bulletin de l'Association Spéléologique de l'Est* II (2):27
- AA. (1959): Exploration à la Caborne de Menouille.- *Spéléos, bulletin du G.S. Valence* (26):11
- Cabailot, P. (1959): A la Caborne de Menouille.- *Grottes et gouffres, bulletin du S.C.Paris* 20:11-16, 2 fig.
- Wahl, J.B. (1961): La spéléologie dans l'Est de la France.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (2):35
- Frachon, J.C. (1962): Activités du G.S. Jurassien.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (2):37-39, 1 fig.
- Frachon, J.C. (1963): Etude du réseau souterrain de Cernon-Menouille.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (3):24-26
- Delance, J.H. (1964): Expédition à la Caborne de Menouille (Jura).- *Sous le Plancher, bulletin du S.C. Dijon* III (1):12-15
- Frachon, J.C. (1964): Exploration à la Caborne de Menouille.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (3):46
- Frachon, J.C. (1964): Les grandes cavités du Jura français : département du Jura.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (4):24-30
- Colin, J. (1966): Inventaire spéléologique de la France (BRGM). I. Département du Jura, p.80 (plan)

- G.S. Jurassien (1967): Activités 1966.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (3):238
- Minvielle, P. (1970): Guide de la France souterraine.- Paris, 477 p. (p.411)
- Frachon, J.C.; Pétrequin, P. (1970): Circulation souterraine des eaux dans le Jura calcaire (1).- *Cavernes, bulletin des Sections neuchâteloises de la Société suisse de Spéléologie* (2):107-109, 2 fig.
- Frachon, J.C. (1971): La Caborne de Menouille (Cernon, Jura français).- *Actes du 4^e Congrès suisse de Spéléologie*, Neuchâtel, septembre 1970, 125-137, 5 fig.
- Frachon, J.C. (1971): La Caborne de Menouille (Cernon, Jura français).- *Cavernes, bulletin des Sections neuchâteloises de la Société suisse de Spéléologie* (1):8-17, 3 fig.
- Frachon, J.C. (1971): La Caborne de Menouille (Cernon, Jura français).- *Cavernes, bulletin des Sections neuchâteloises de la Société suisse de Spéléologie* (2):36-44, 2 fig.
- Therond, R. (1972): Recherche sur l'étanchéité des lacs de barrage en pays karstique, p.18-19, 43, 45-46, 94, 102, 104, 109, 296, 298, 303-305, 395, 409 (photos, plan, coupe)
- Frachon, J.C. et al. (1975): Découverte du Jura souterrain (CDS Jura).- p.14-17, 2 fig.
- Minvielle, P. (1977): Grottes et canyons;6 p.176-177, 4 fig.
- Frachon, J.C. et al. (1980): Découverte du Jura souterrain (CDS Jura).- p.12-15, 2 fig.
- Frachon, J.C. (1981): Jura (in Chabert, C., Les grandes cavités françaises, Fédération Française de Spéléologie).- p.80-81
- Aucant, Y.; Frachon, J.C. (1983): Spéléo sportive dans le Jura franc-comtois (Edisud).- p.25, 38-39, 3 fig.
- Frachon, J.C. (1987): Jura.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (26):6
- Frachon, J.C. (1988): Jura.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (30):4
- Frachon, J.C. (1989): Jura.- *Spelunca, bulletin de la Fédération Française de Spéléologie* (34):4
- Spicher, A. (1989): Le barrage de Vouglans (Recto-Verso).- p.53, 1 fig.
- Aucant, Y.; Frachon, J.C.; Schmitt, C. (1990): Spéléologie en Franche-Comté (SHAG-SCJ).- p.13, 23-24, 53-57, 2 fig.
- Frachon, J.C. et al. (1992): Découverte du Jura souterrain (CDS Jura).- p.18-21, 2 fig.
- Frachon, J.C. (1994): Regards sur la petite montagne (Adapemont).- p.47-51, 54, 59, 61, 6 fig.

Les rapports par équipe

Equipe 1 :
Biospéléologie

Equipe 2 :
Hydrogéologie

Equipe 3 et 4 :
Géomorphologie

EQUIPE 1 : BIOSPELEOLOGIE

Equipe

Josiane LIPS, Christian BOUDSOCQ et Delphine JACONELLI

Cadre

Thibault DATRY

Lieu

La Caborne de Menouille : zone d'entrée, réseau Supérieur, réseau Inférieur, amont du P 60, réseau Ouest, résurgence.

Problématique

Lier la présence des espèces faunistiques à la qualité de l'eau.

Méthodologie

Mercredi 25 juillet : l'équipe au complet prospecte la zone d'entrée puis se sépare en deux groupes : Josiane et Thibault prospectent le réseau Supérieur, Christian et Delphine prospectent le réseau Inférieur jusqu'à la base du P 60.

Le réseau Ouest est prospecté le jeudi 26 juillet par toute l'équipe.

Durant la prospection, chacun récolte la faune qu'il voit à l'aide de pinces, d'aspirateurs, de balances (filets avec appâts) et la met dans des flacons contenant de l'alcool (conservateur). Pour chaque zone de prospection, nous utilisons un flacon différent.

La cavité est séparée en zones repérées sur la topo (cf. ci-après) :

Zone 1 : Zone d'entrée (jusqu'à ce que la lumière disparaisse)

Zone 2 : Réseau Inférieur, galerie intermédiaire jusqu'au P 15

Zone 3 : Du P 15 jusqu'au P 60

Zone 4 : Réseau Inférieur aquatique

Zone 5 : Réseau supérieur jusqu'au P 60

Zone 6 : En amont du P 60

Zone 7 : Réseau Ouest

Zone 8 : Résurgence

Des appâts ont été placés par Josiane le mardi lors de la visite de la cavité. Ils ont été relevés le mercredi et le jeudi.

Un filet a été placé à la sortie de la résurgence le mercredi 26 juillet, il a été relevé le jeudi.

Des prélèvements d'eau ont été effectués (4 au total) afin de connaître la température, la conductivité, la teneur et la saturation en oxygène : 2 en amont du P 60, 1 à la base du P 60, 1 à la résurgence.

L'objectif de ces prélèvements est de mesurer les effets de la pollution le long de la rivière et voir si l'eau se réoxygène par brassage après P 60.

Pour chaque zone, nous effectuons ensuite un tri des espèces grâce à une loupe binoculaire. Les animaux, en fonction de leur groupe et de la zone, sont placés dans des flacons numérotés, où sont également indiqués le lieu et la date de la capture.

Observations

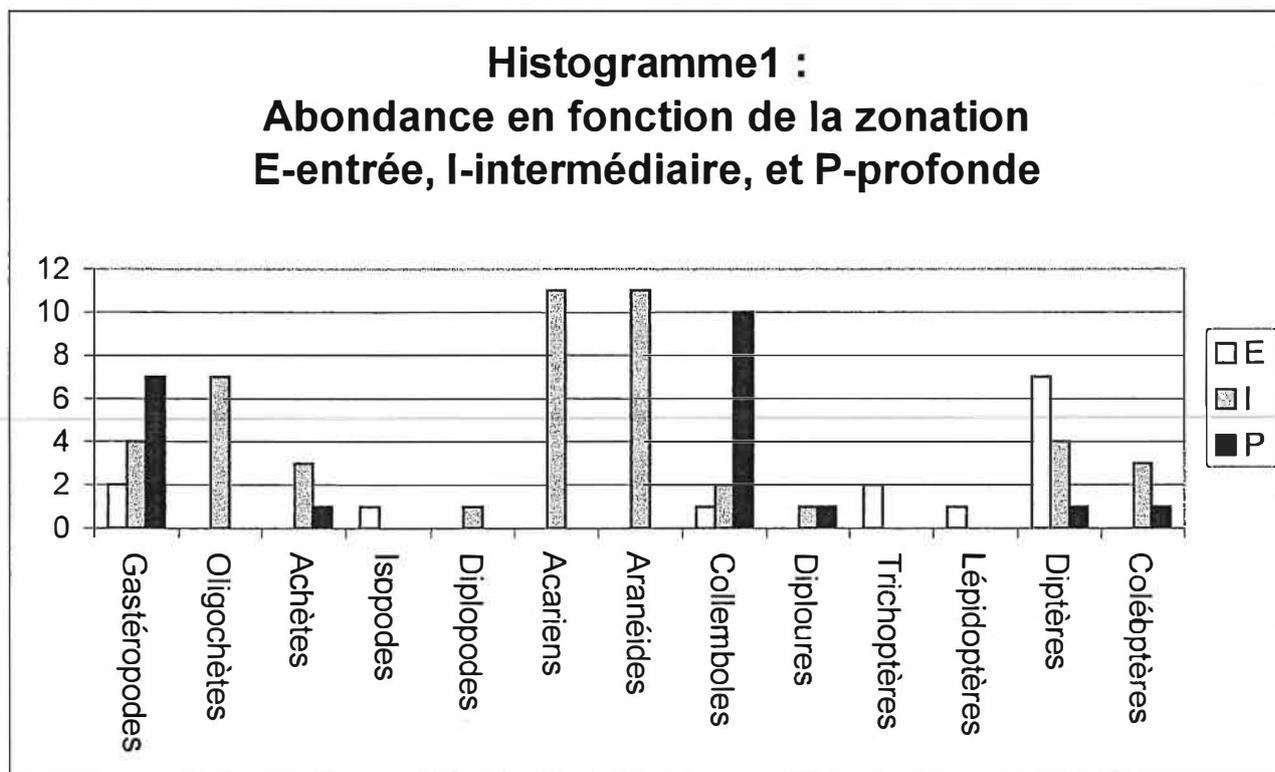
Dans ce stage, par manque de temps, nous n'avons pas pu déposer des pièges (terrestres ou aquatiques). Les prélèvements que nous avons effectués ne peuvent donc pas être considérés comme totalement représentatifs de la faune qui vit dans la cavité. Les résultats ont donc une portée toute relative. Toutefois, des tendances assez fortes se dégagent des résultats.

La cavité peut être séparée nettement en 3 zones (histogramme 1) :

E : la zone d'entrée (long tunnel rectiligne) présentant une faune particulière (trichoptères, lépidoptères, cloportes et aranéides type méta) qui n'a été trouvée que dans cette partie de la cavité ;

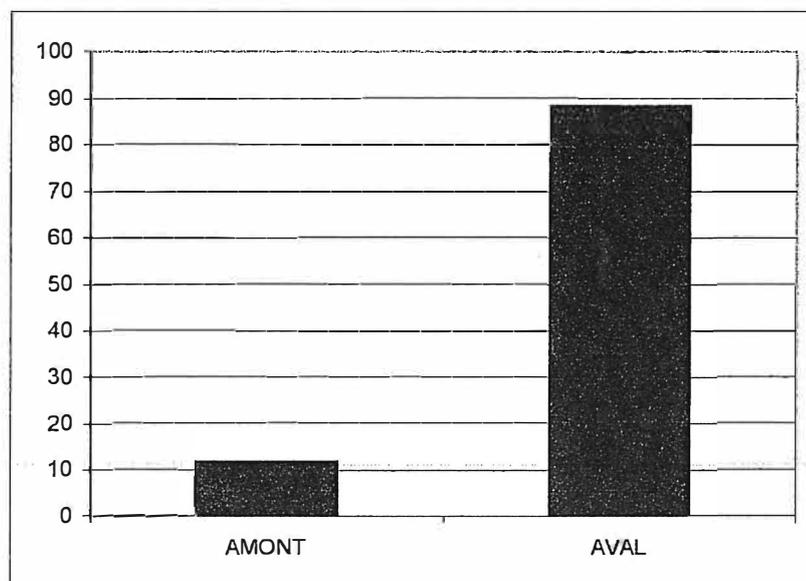
P : la zone profonde (amont du P 60, réseau Supérieur, réseau Ouest) avec peu d'organismes mais quelques individus troglodies (diploure *Plusiocampa* et sangsue de type *Trochéta*) ;

I : la zone intermédiaire (jusqu'à la Salle à Manger, réseau Inférieur) avec une faune très abondante et assez diversifiée.



Les égouts du village de Cernon sont déversés en amont du P 60. Pour observer si cette pollution de type organique a un impact sur la distribution des organismes, nous avons regroupé toutes les données en deux catégories : amont du P 60, et aval du P 60.

Les résultats montrent très clairement (histogramme 2) que 90 % des organismes récoltés proviennent de la zone aval. La zone amont s'est avérée très pauvre en faune (10%), avec notamment aucun individu aquatique observé.



Histogramme 2 : Répartition des organismes en amont et en aval du P 60 (en %)

Les mesures d'oxygène dissous, de conductivité et de température ne montrent pourtant pas de désoxygénation des eaux. Toutefois, nous n'avons pas effectué de prélèvement sous la perte des égouts, et il est fortement probable que les eaux soient peu oxygénées à ce niveau, et qu'elles se réoxygènent par brassage (cascades, ...) durant son trajet jusqu'à l'amont du P60. Les valeurs de conductivité sont assez élevées, traduisant sans doute une charge polluante non négligeable.

	Amont 1	Amont 2	Aval	Résurgence
Température des flacons (°C)	13,2	13,2	13,2	13,6
Conductivité (µS.cm)	573	566	565	367
Oxygène dissous (mg.l)	9,6	9,9	10	6,7
Saturation (%)	102	105	110	66

Le fonctionnement de cette résurgence semble modifié par la présence des barrages qui engendrent un cycle de « marées » d'un à deux mètres d'envergure. Lors des montées de niveau de l'Ain, le niveau piézométrique augmente lui aussi, rechargeant en partie l'aquifère. Ceci entraîne une dilution des eaux de l'aquifère par des eaux fluviales, d'où une conductivité de seulement 367 à la résurgence, alors qu'elle était de 570 dans la cavité.

La zone aval est très riche en organismes (diversité et abondance). Cette présence est fortement liée à un apport, par l'homme, de bois dans les années 60. Cette forte quantité de bois s'est, depuis, en partie décomposée, en formant un humus qui est un substrat très favorable au développement d'organismes. Paradoxalement, très peu de collemboles ont été vus ou collectés dans cette zone. L'environnement semblerait pourtant propice à leur développement.

Toutefois les organismes prélevés dans cette zone ne sont pas des représentants du milieu souterrain (troglodies). Ils sont tous issus du milieu épigé (milieu de surface, avec présence d'yeux, coloration, ...). C'est également le cas pour la faune aquatique puisqu'une population très importante de Gammare y a été trouvée. Les Gammare, très proches cousins des Niphargus, sont issus des cours d'eau aérien et peuvent se rencontrer accidentellement sous terre par le biais de pertes. Lorsque les Gammare et les Niphargus se retrouvent dans le même milieu, une forte compétition s'exerce au détriment des Niphargus, notamment en cas de pollution. Les Gammare sont en effet beaucoup plus résistants aux polluants et au manque d'oxygène.

Seules deux petites arrivées d'eau, dans le réseau Supérieur et dans le réseau Ouest, abritent quelques Niphargus, traduisant une qualité de l'eau un peu meilleure que dans le reste de la cavité. Cependant, au niveau de la résurgence, parmi une forte population de Gammare, des Isopodes aquatiques typiquement stygobies ont été récoltés.

Conclusion

La pollution semble responsable de la pauvreté de la faune dans les parties amont (pollution très importante) mais, également, de l'abondance de la faune dans la zone intermédiaire (enrichissement du milieu en matières organiques par apport de bois). Les animaux épigés sont ainsi favorisés par rapport aux animaux hypogés.

Glossaire

Epigé : qui vit en surface

Hypogé : qui vit sous terre

Endogé : qui vit dans le sol

Troglodie, phile, xène : classification des organismes terrestres en fonction de leurs affinités avec la vie dans le milieu souterrain. Bie = «prisonnier», phile = «qui aime bien», xène = «étranger». La même classification s'utilise pour les organismes aquatiques souterrains en remplaçant le terme troglo par stygo.

Cavernicole : qui vit dans les cavités, dans les cavernes.

Liste des spécimens récoltés

Une récolte de cavernicoles ne sert à rien si les spécimens ne sont pas mis à la disposition de scientifiques pour étude (immédiate ou ultérieure). Les prélèvements effectués lors du stage ont donc été intégrés dans la base de données de Josiane Lips, de façon à ce que le suivi de la récolte soit assuré (publication, détermination, stockage).

Zone d'entrée

n° 974	1 Araignée	
n° 938	2 Araignées	
n° 939	1 Collembole	Entomobryomorphe.
n° 937	4 Diptères	
n° 971	3 Diptères	
n° 976	Escargots	
n° 972	1 Isopode terrestre	
n° 975	1 Papillon	Géométridé.
n° 973	2 Trichoptères	

Zone Intermédiaire (entre la zone d'entée et le P15)

n° 979	1 Diploure	Parasité.
n° 978	2 Isopodes terrestres	
n° 977	2 Sangsues	

Réseau Ouest

n° 935	1 Araignée	Idem 934.
n° 934	3 Collemboles	Entre le réseau Mystère et l'étroiture, sur du guano. Trois espèces différentes.
n° 931	2 Collemboles	Sur un gour, dans la salle à Manger. Non récoltés.
n° 933	1 Diploure	Sur la calcite, en haut de la salle à Manger. Campodé.
n° 932	1 Diptère	Idem 934.
n° 936	1 Niphargus	Au pied de la coulée de calcite, en haut de l'étroiture. Trois autres ont été aperçus (appât).
n° 930	1 Niphargus	Au bas de l'étroiture.

Réseau Supérieur

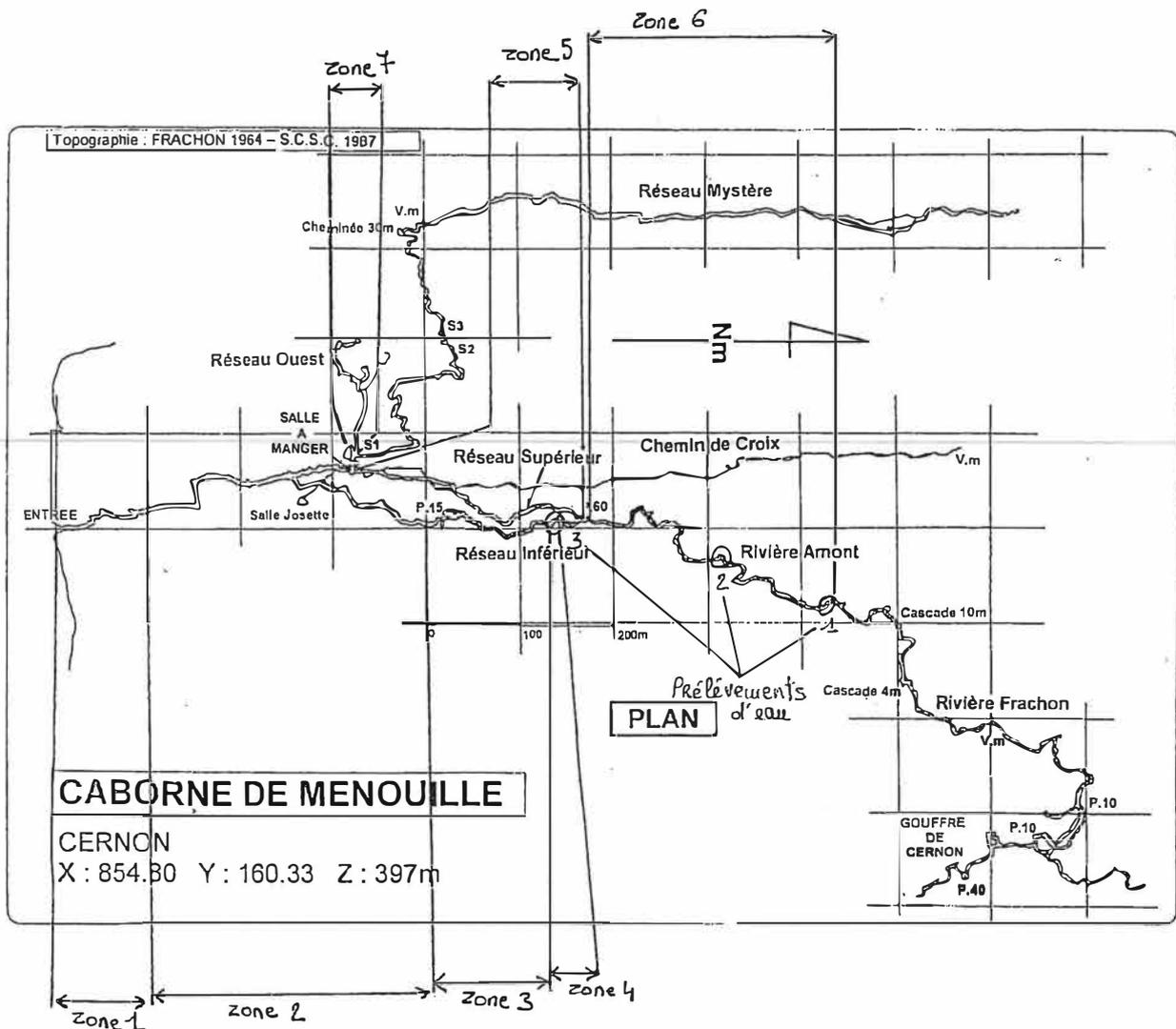
Tous les spécimens, sauf le 940, ont été récoltés après le P60 (zone polluée).

n° 944	4 Araignées	
n° 942	1 Collembole	Sur eau.
n° 945	6 Collemboles	Sur eau.
n° 941	1 Gastéropode	Dans un gour pollué, après le P60.
n° 946	4 Gastéropodes	Les trois "plats" étaient nombreux dans l'eau. Le "pointu" était hors de l'eau.
n° 947	1 larve ?	
n° 940	1 Niphargus	Dans l'arrivée d'eau avant le P60. Cinq autres ont été vus, tous de petite taille.
n° 943	1 Sangsue	

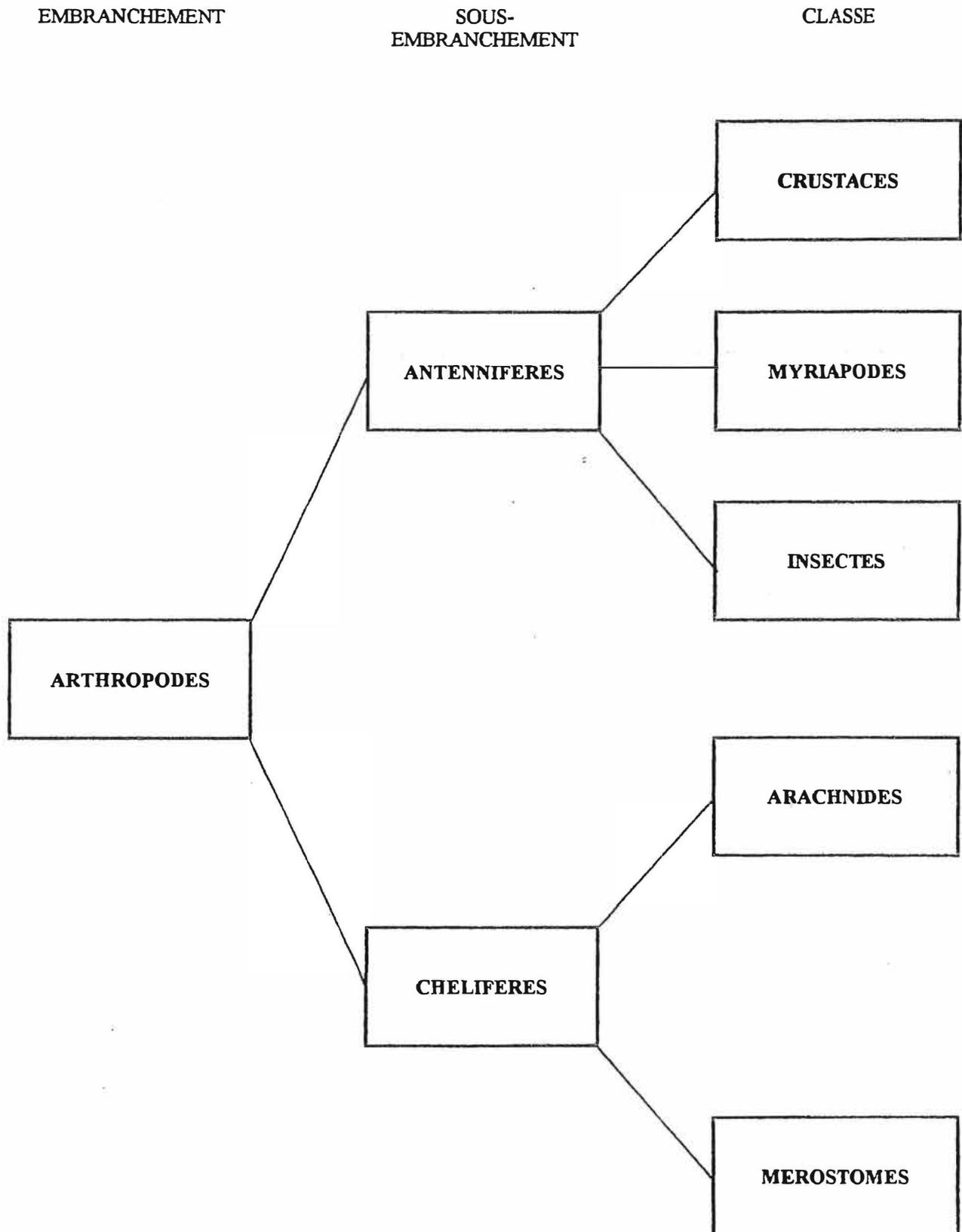
Réseau Inférieur, entre le P15 et le P60

n° 949	1 Acarien	
n° 962	5 Acariens	
n° 952	5 Acariens	
n° 970	1 Araignée	

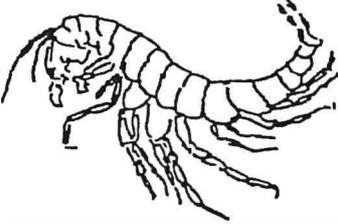
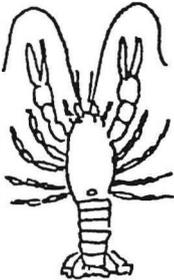
n° 950	1 Araignée	
n° 956	6 Araignées	
n° 963	3 Araignées	Dont une rouge.
n° 954	2 Collemboles	Paradoxalement rares dans cette partie de la grotte.
n° 948	1 Diplopede	
n° 951	7 Diplopedes	
n° 966	4 Diptères	
n° 960	9 Gammare	Très nombreux.
n° 969	11 Gammare	
n° 959	4 Gastéropodes	Hors de l'eau.
n° 968	2 Gastéropodes	Dans l'eau.
n° 955	1 Homoptère	Ailé.
n° 957	2 larves de Coléoptères	Une est sans doute une larve de Trichaphaenops.
n° 958	5 Lombrics	Très très nombreux.
n° 965	2 Lombrics	
n° 964	Myriapodes	Très nombreux.
n° 961	1 Sangsue	
n° 967	1 Staphylin	
n° 953	2 Staphylins	

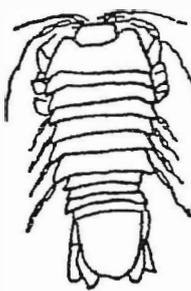
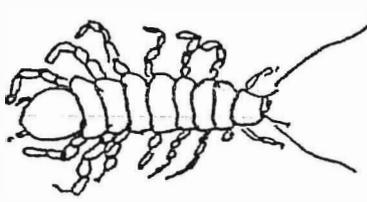
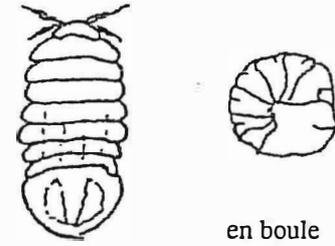
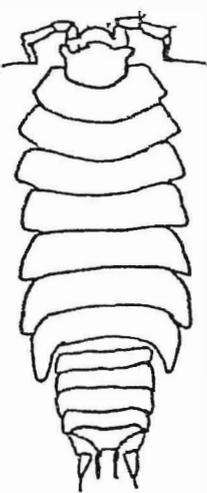


EMBRANCHEMENT DES ARTHROPODES

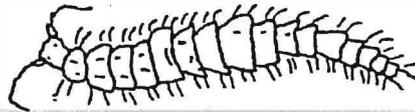
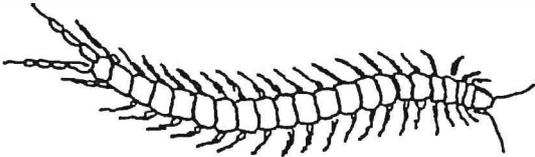


CLASSE DES CRUSTACES

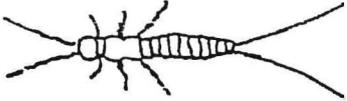
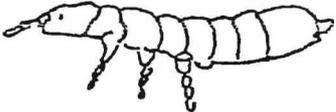
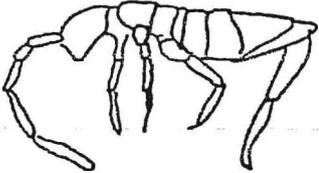
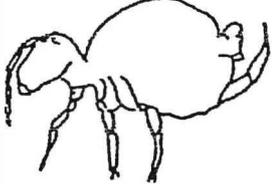
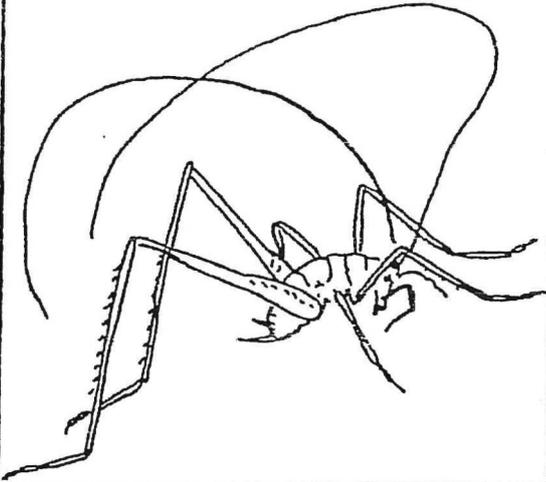
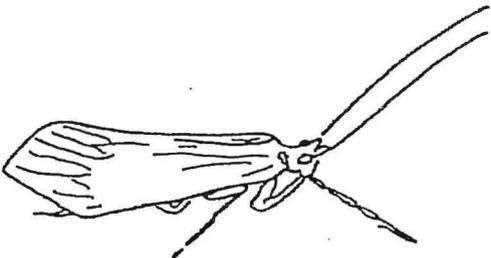
	ORDRE	FAMILLE	GENRE	
SOUS-CLASSE DES ENTOMOSTRACES				
	Copépode	Cyclopidé	<i>Cyclops</i>	moins de 1 mm aquatiques, en pleine eau ou en surface troglophile ou troglobie
	Ostracode		<i>Cypris</i>	""
	Syncaride		<i>Bathynella</i> <i>Parabathynella</i> <i>etc.</i>	quelques mm blanc, aquatique
les Syncarides sont tous cavernicoles et constituent de véritables "fossiles vivants" d'un groupe marin vivant au Carbonifère				
SOUS-CLASSE DES MALACOSTRACES				
	Amphipode	Gammaridé	<i>Ingolfiella</i> <i>Niphargus</i> <i>Eriopisella</i> <i>etc.</i>	0,5 à 3 cm blanc troglobie aquatique
	Décapode		<i>Gambarus</i> ("écrevisses", "crevettes")	quelques cm clair espèces troglobies en Amérique du nord et au Mexique

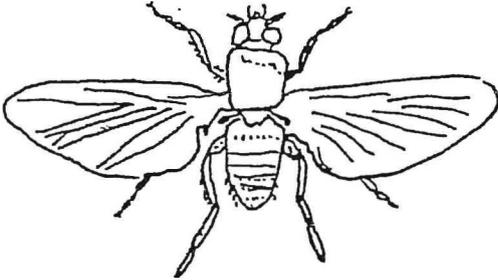
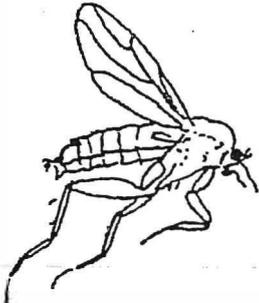
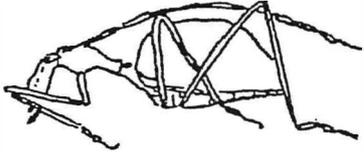
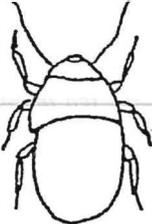
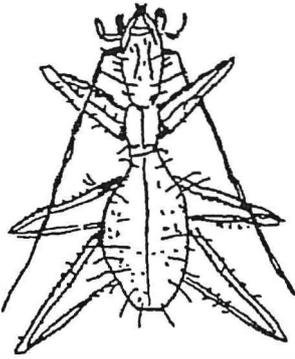
CRUSTACES	ORDRE	FAMILLE	GENRE	
	Isopode	Cirolanidé	<i>Monolistra</i>	0,5 à 1,5 cm blanc troglobie aquatique
	""		<i>Asellus</i> <i>Stenasellus</i>	0,8 à 1 cm blanc troglobie aquatique sous les pierres et les bois immergés
 en boule	""	Spheromien	<i>Sphaeromides</i>	1 à 1,5 cm blanc troglobie aquatique (se roule en boule)
	""	Oniscoidea ("cloportes")	<i>Ioniscus</i>	de quelques mm à 2 cm blanc ou rosé nombreuses espèces lucifuges, troglaphiles ou troglobies (se roule en boule)

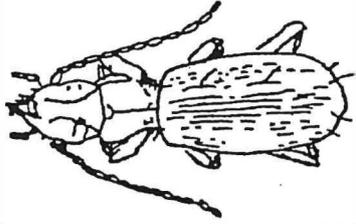
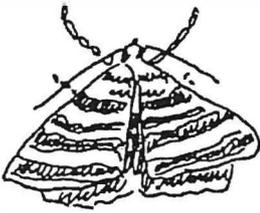
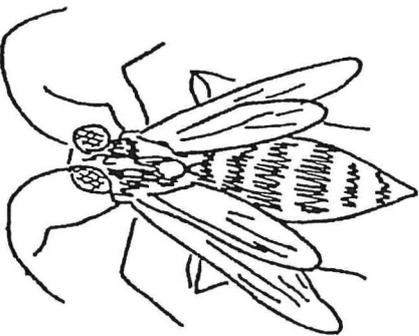
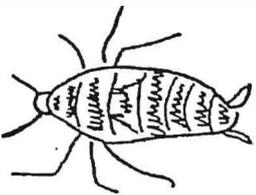
CLASSE DES MYRIAPODES ("mille-pattes")

	FAMILLE	GENRE	
<p>ORDRE DES DIPLOPODES deux paires de pattes par segment végétariens ou détritivores déplacements assez lents</p>			
	<p>Gloméridé (se roule en boule)</p>	<p><i>Glomeris</i> <i>Trachysphaena</i> <i>Speleoglomeris</i> etc.</p>	<p>1 à 2 cm gris, noir, jaune troglophile</p>
		<p><i>Brolemanneuma</i></p>	<p>8 à 15 mm blanc troglobie</p>
	<p>Typhloblaniulus</p>	<p><i>Gervaisia</i> <i>Iule</i> etc.</p>	<p>taille variable noir ou blanc troglobie</p>
		<p><i>Polydesmus</i></p>	<p>nombreuses espèces Lucifuges (sous les pierres, bois pourri, etc.)</p>
<p>ORDRE DES CHILOPODES 1 seule paire de pattes par segment carnivores déplacements assez vifs ("scolopendres")</p>			
		<p><i>Lithobius</i></p>	<p>pas d'espèces officiellement cavernicoles en Europe la plupart sont lucifuges (sous les pierres, bois pourri, etc.)</p>

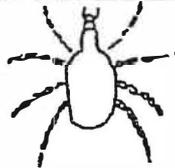
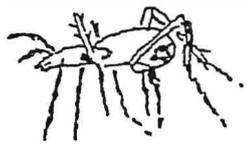
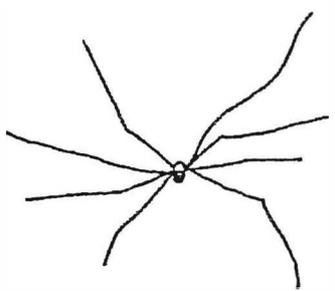
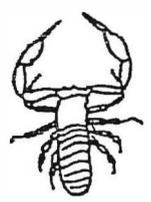
CLASSE DES INSECTES (3 paires de pattes)

	ORDRE	FAMILLE (sous-famille)	GENRE	
SOUS-CLASSE DES APTERIGOTES (= sans ailes)				
	Diploure (= avec deux "queues")	Campodé Japyx	<i>Campodea</i>	1 cm blanc nombreuses espèces trogllobies
	Collembole (souvent à la surface des gours)	Onychiuridé	<i>Onychiurus</i>	1 à 3 mm blanc trogllobie, troglophile, trogloxène
	""	Entomobryidé	<i>Coecobrya</i> <i>Pseudosinella</i> <i>Heteromurus</i>	1 à 3 mm blanc (sauteur) trogllobie, troglophile, trogloxène
	""	Symphyléone	<i>Arrhopalites</i> <i>Sminthurus</i>	0,5 mm trogllobie
SOUS-CLASSE DES PTERYGOTES (= avec des ailes)				
	Orthoptère ("grillons", "sauterelles")		<i>Dolichopoda</i> <i>Troglophilus</i> (en Europe) <i>Raphidophora</i> (en Indonésie)	1 à 3 cm troglophile
	Trichoptère ("phrygane")		<i>Stenophylax</i> <i>Micropterna</i> etc.	1 à 3 cm brun troglophile diapause estivale dans les entrées

INSECTES	ORDRE	FAMILLE (sous-famille)	GENRE	
	<p>Diptère (1 paire d'ailes, l'autre réduite sous forme de balanciers)</p>	<p>Nématocère (Simulidé) (Tipulidé)</p>	<p><i>Trichoceras</i> <i>Speolepta</i> <i>Rhymosia</i> <i>etc.</i></p>	<p>5 à 10 mm brun plus ou moins foncé troglophile, trogloméne</p>
	<p>""</p>	<p>Brachycère (Phoridé) (Hélomyzidé) <i>etc.</i></p>	<p><i>Phora</i> <i>Tripheba</i> <i>etc.</i></p>	<p>2 à 5 mm brun plus ou moins clair troglophile (guano)</p>
	<p>Coléoptère (sous-ordre des Haplogastra) Staphylinoidea</p>	<p>Bathiscidé (végétarien ou insectivore)</p>	<p><i>Speonomus</i> <i>Leptodirus</i> <i>Diaphrysus</i> <i>Royerella</i> <i>etc.</i></p>	<p>2 à 8 mm brun-roux troglobie</p>
	<p>""</p>	<p>Catopidé Psélaphidé</p>	<p><i>Leptinus</i></p>	<p>2 mm brun foncé troglophile</p>
	<p>Coléoptère (sous-ordre des Adephaga) (Caraboidea)</p>	<p>Tréhidé (carnivore comme le carabe)</p>	<p><i>Aphaenops</i> <i>Speotrechus</i> <i>Trichaphaenops</i> <i>etc.</i></p>	<p>3 à 8 mm brun-roux plus ou moins clair troglobie très évolué</p>

INSECTES	ORDRE	FAMILLE (sous-famille)	GENRE (espèce)	
	Coléoptère (sous-ordre des Adephaga) (Caraboidea)	Tréchidé	<i>Duvalius</i> (<i>Duvalius</i> <i>delphineusis</i> dans le <i>Vercors</i>)	5 mm brun troglobie
	Lépidoptère ("papillons")	Géométridé	<i>Triphosa</i>	3 cm gris et blanc sub- troglophile
	""	Noctuidé	<i>Scoliopterix</i>	3 cm marron et blanc
	""	Nymphalidé	<i>Vanessa</i> (<i>Inachisio</i>)	3 à 5 cm noir (ailes repliées) trogloxène hivernage dans les entrées de grottes
	Hyménoptère (2 paires d'ailes membraneuses) ("guêpes")	Khneumonidé	<i>Amblyteles</i>	2 à 3 cm noir et jaune trogloxène (hivernage)
	Blattoïdes ("cafards")			troglophile abondant dans certaines cavités d'Afrique

CLASSE DES ARACHNIDES (4 paires de pattes)

	ORDRE (sous-ordre)	FAMILLE	GENRE	
SOUS-CLASSE DES HOLOGASTRES (= anneaux abdominaux fusionnés)				
	Aranéide (Dipneumone)	Argiopidé Leptonidé	<i>Méta</i> <i>Nesticus</i> <i>Leptoneta</i> etc.	de quelques mm à quelques cm (avec les pattes) en général coloré troglophile quelques espèces troglobies
	Acarien	Rhagidia		1 à 3 mm blanc troglobie
	Acarien (Trachéate, Atrachéate)	Trombidion Ixode		moins de 1 cm coloré ou blanc parasite ou guanobie troglobie ou troglophile
SOUS-CLASSE DES ARTHROGASTRES (= abdomen annelé)				
	Opilion (Palpatore) "fauchoux", "moulins"		<i>Ischyropsalis</i> <i>amilenus</i>	5mm (sans les pattes) brun clair troglophile
	Pseudo- scorpion (ou Chernète)		<i>Neobisium</i> <i>Troglobisium</i> <i>Troglochtonius</i> etc.	5 à 15 mm blanchâtre ou brun nombreuses espèces troglobies

EQUIPE 2 : HYDROGEOLOGIE : QUELQUES MODALITES SUR LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LA CABORNE DE MENOUILLE

Equipe

Dominique JEAN, Patrick HENRY, Karl WILLEMS

Cadres

Alain COUTURAUD, Didier CAILHOL

Lieu

La Caborne de Menouille, réseau supérieur, P40, réseau Inférieur et réseau Ouest.

Problématique

La visite de mardi a permis la prise de contact avec la cavité et nous a amenés aux questions suivantes :

La vitesse de circulation de l'eau du réseau Supérieur au réseau Inférieur varie-t-elle beaucoup en fonction de la morphologie des conduits du karst (méandres, puits, largeur du conduit, gours, pente etc..) ? Ces résultats peuvent ils être exploités dans des cavités proches (modèle) .

Une image physico-chimique simplifiée des écoulements (conductivité et température) permet-elle une meilleure compréhension du fonctionnement de la cavité ?

Méthodologie

Une coloration avec prélèvements sur quatre endroits de la rivière sera effectuée ; trois points de prélèvement seront dans le réseau Supérieur ; le dernier sera dans le réseau Inférieur (après le P40) . Cette coloration servira à déterminer les vitesses de transit pour la rivière du réseau supérieur ; elle pourra éventuellement servir à calculer le débit de celle ci.

Mesure de la conductivité et de la température par lecture directe sur appareil numérique.

Estimation visuelle des débits des différents écoulements étudiés.

Description des méthodes expérimentales

Coloration

La vitesse de circulation de l'eau dans le réseau Superieur sera déterminée avec une coloration. Cette coloration sera réalisée en un point du réseau supérieur (amont du P40 distance de celui ci, environ 100 m) par injection de 200 g de Fluoresceine. Les prélèvements seront faits en quatre endroits (trois dans le réseau Supérieur et le dernier dans la galerie du réseau Inférieur) . Les quatre points de prélèvement sont repérés comme suit ; le premier est à 15 m en aval du point d'injection (noté A) ;

le troisième est à 10 m en amont du P40 (noté C) ; le deuxième est à mi-distance du premier et du troisième (noté B). Le quatrième se trouve dans la galerie du réseau Inférieur faisant suite au lac du P40 ; 5 m après le lac (noté D). Les échantillons correspondant aux quatre points de prélèvement seront repérés par les lettres allant de A à D et indicés dans l'ordre chronologique ; nous noterons également l'heure du prélèvement. Les prélèvements seront au nombre de 30 par point et s'espaceront de 5 mn lors de l'arrivée du traceur et de 10 mn quand la coloration de l'eau diminuera (visu) ou à moitié mesure. Les récipients de prélèvement seront rincés 3 fois, y compris les bouchons.

Remarque : Il est préférable de repérer les récipients (étiquette ou feutre indélébile etc...) hors de la cavité car l'humidité ambiante et l'eau ne facilite pas le marquage sous terre.

Mesure de température et de conductivité

Les mesures de conductivité et de température de l'eau seront faites avec un appareil numérique de type WTW LF318. Nous mesurerons ces deux grandeurs au point d'injection (réseau Supérieur) ; à l'entrée du réseau Mystère ; à la base de la verticale équipée du réseau Ouest . Ces points de mesure seront notés de M1 à M4 sur la topo de la cavité.

Nous mesurerons aussi ces deux grandeurs à la résurgence du système au bord de l'Ain et au lac de Vouglans.

Resultats experimentaux :

Coloration

Tracé des courbes de densité optique en fonction du temps :

L'échantillon référence a été prélevé au point A 10 mn avant l'injection, sa densité optique est de 2,5

Nous avons ramené quatre séries de prélèvements allant de 28 à 30 relevés. Chaque échantillon a été étudié au spectrophotomètre 320R Constant de Prolabo. Nous avons ainsi obtenu la densité optique de chaque échantillon et pu tracer la courbe de la densité optique en fonction de l'heure de prélèvement (Cf tableaux et courbes). Devant les très fortes concentrations de certains échantillons, nous avons été amenés à les diluer avec de l'eau pour obtenir un taux de dilution de 1 pour 10. Ces dilutions ont été repérées sur les tableaux par la mention diluée par 10.

Nous présentons les quatre courbes sur une même feuille, de façon à pouvoir les comparer.

Les prélèvements du 26 juillet 2001 montrent que l'intégralité du traceur est passée au point A, B, C ; il ne reste que des traces de fluo au point D.

Nous avons aussi analysé deux échantillons pris à l'émergence le 26/07/01 à 17h45 et le 27/07/01 à 10h25.

L'échantillon du 26/07/01 a donné une densité de 1,6.

L'échantillon du 27/07/01 a donné une densité de 1,6.

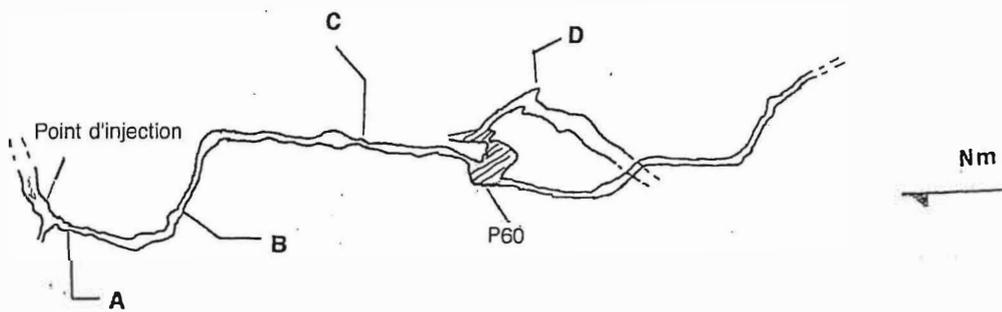
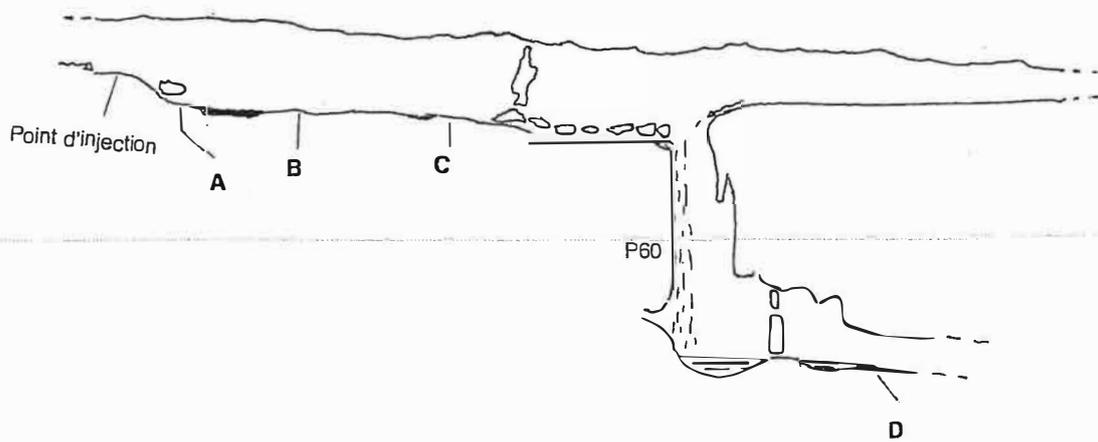
Ces deux prélèvements montrent une absence de fluo dans l'eau.

Détermination des temps et des vitesses

Sur chaque courbe nous avons déterminé (estimé parfois) le temps d'apparition du colorant et le temps modal correspondant au pic de plus grande concentration (densité optique) de fluo dans l'eau

En se référant à la topographie, nous avons pris les dénivellations (différence de côte verticale entre deux points) et la distance parcourue horizontale. Les vitesses ont été calculées en divisant la distance en m par le temps mis à réaliser le parcours en h.

Localisation du point d'injection et des relevés

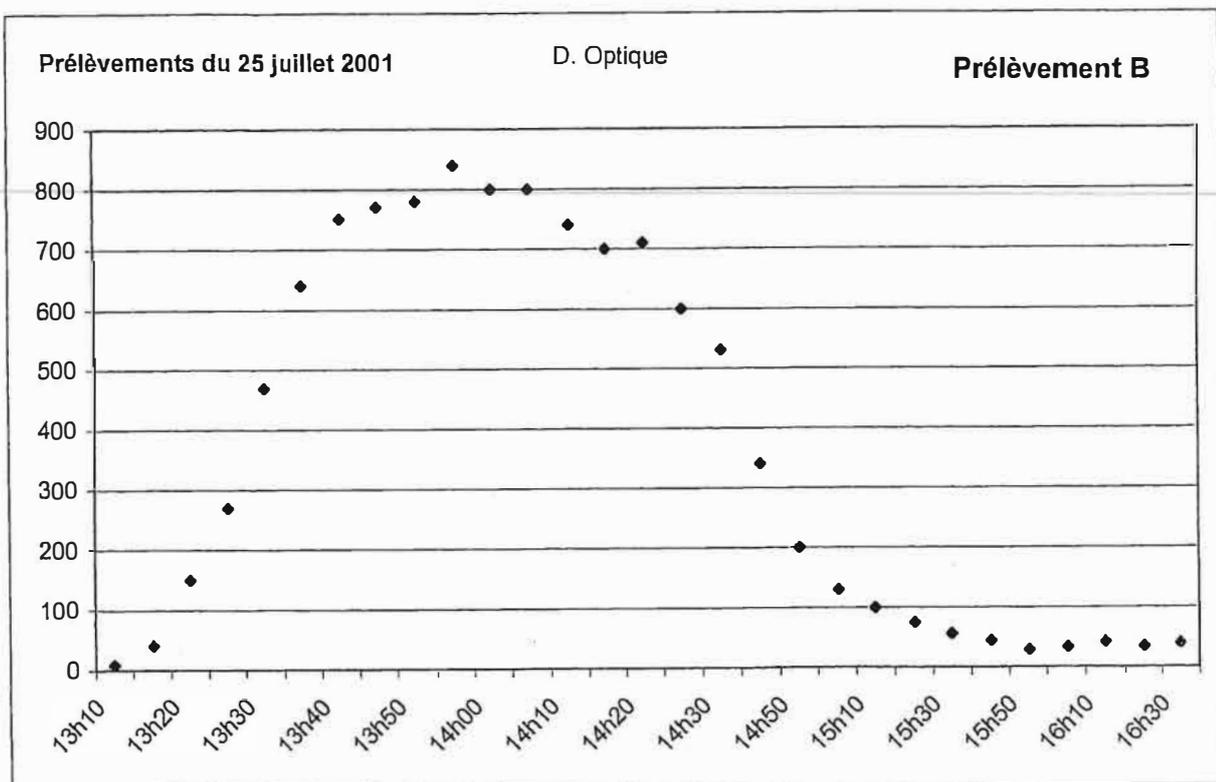
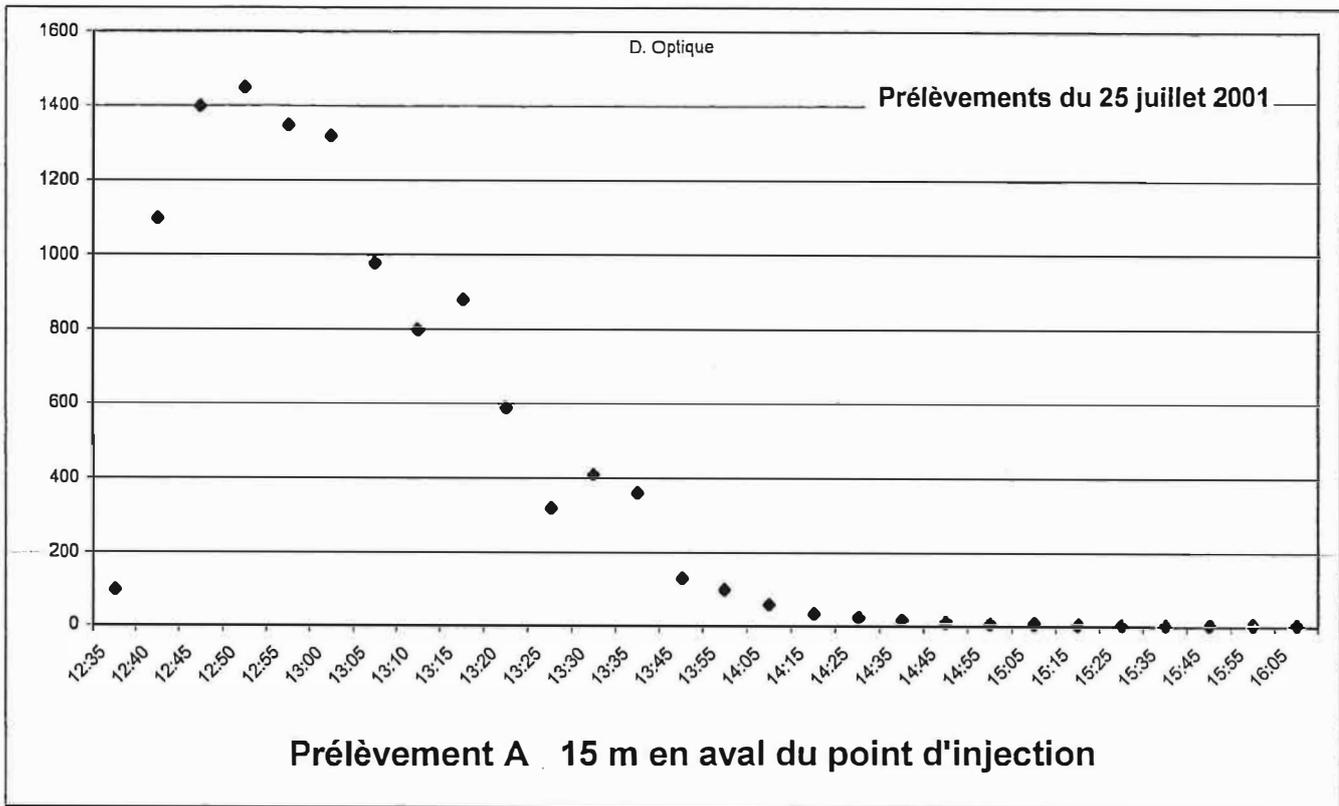


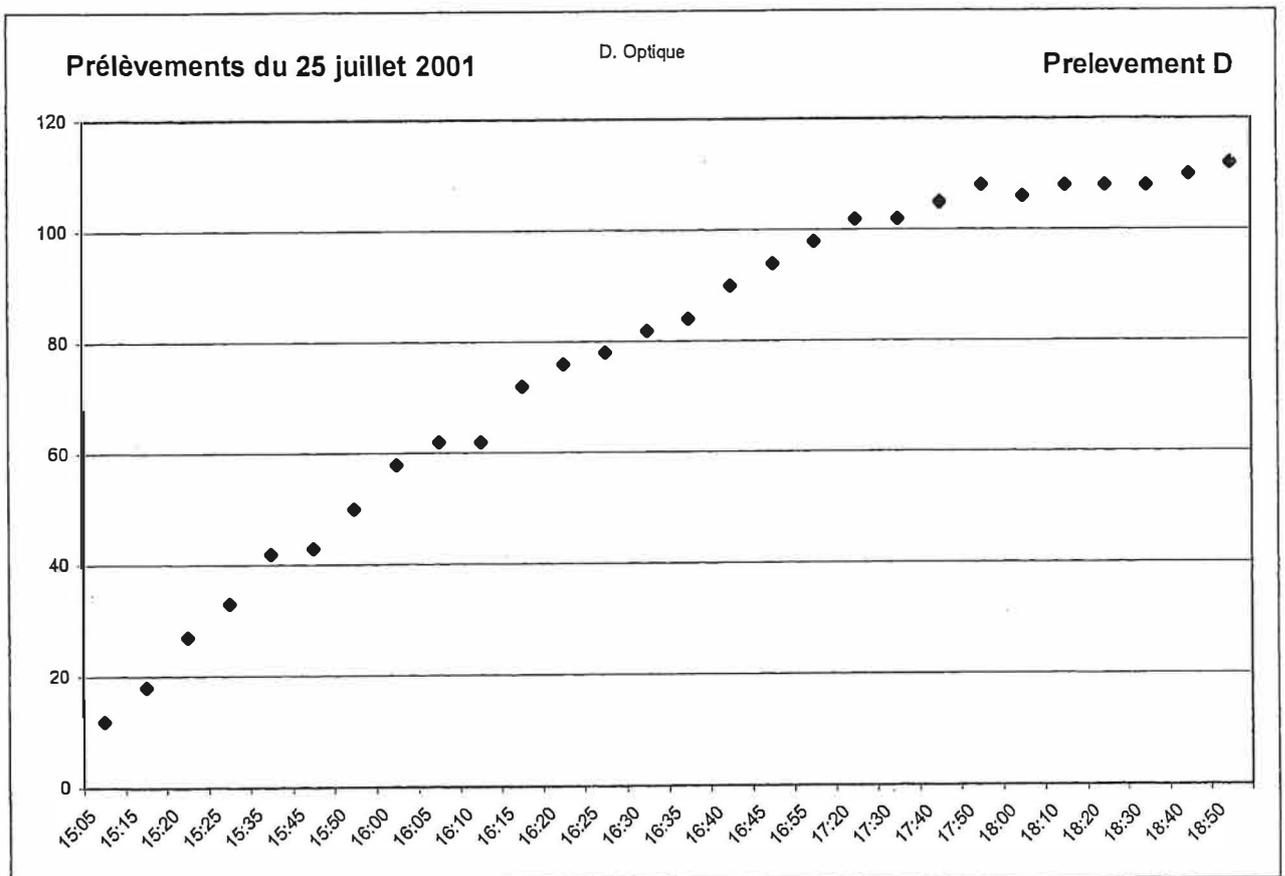
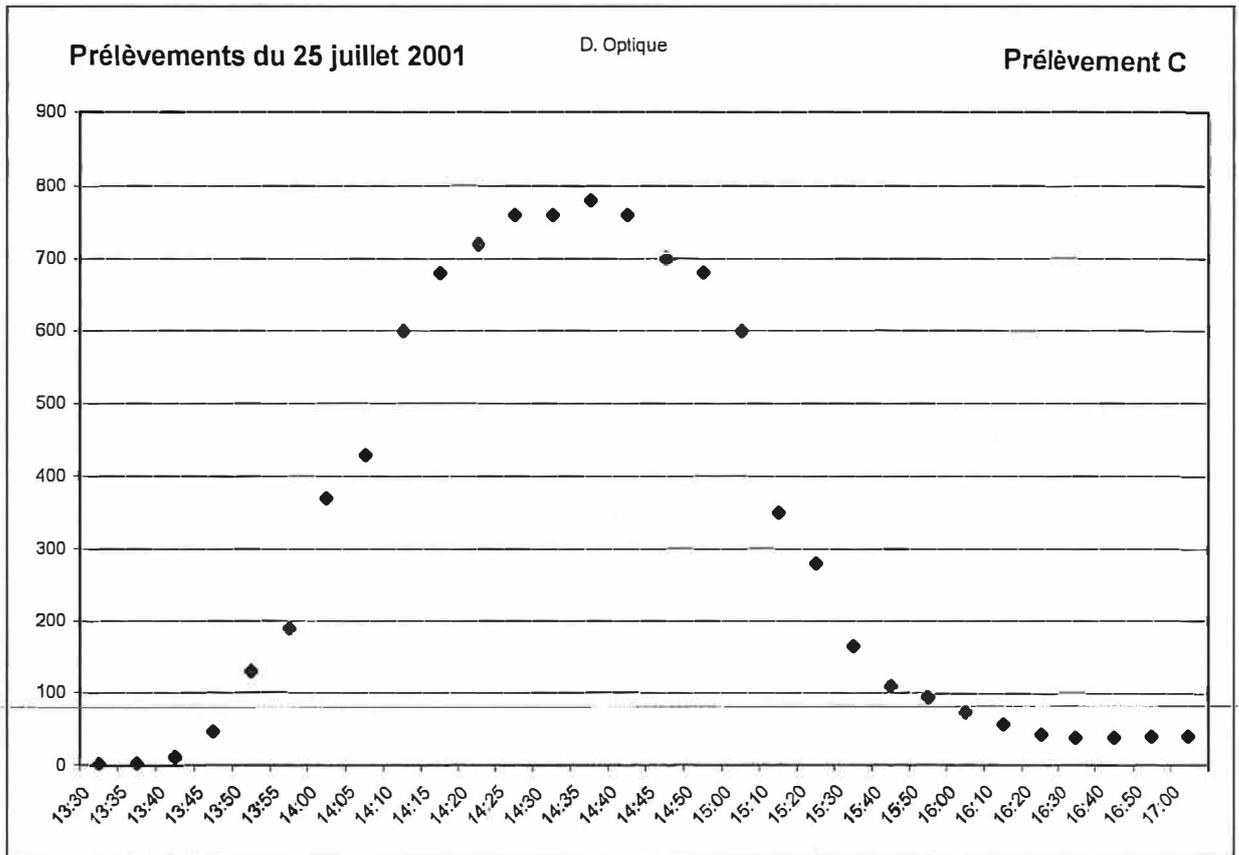
Caborne de Menouille

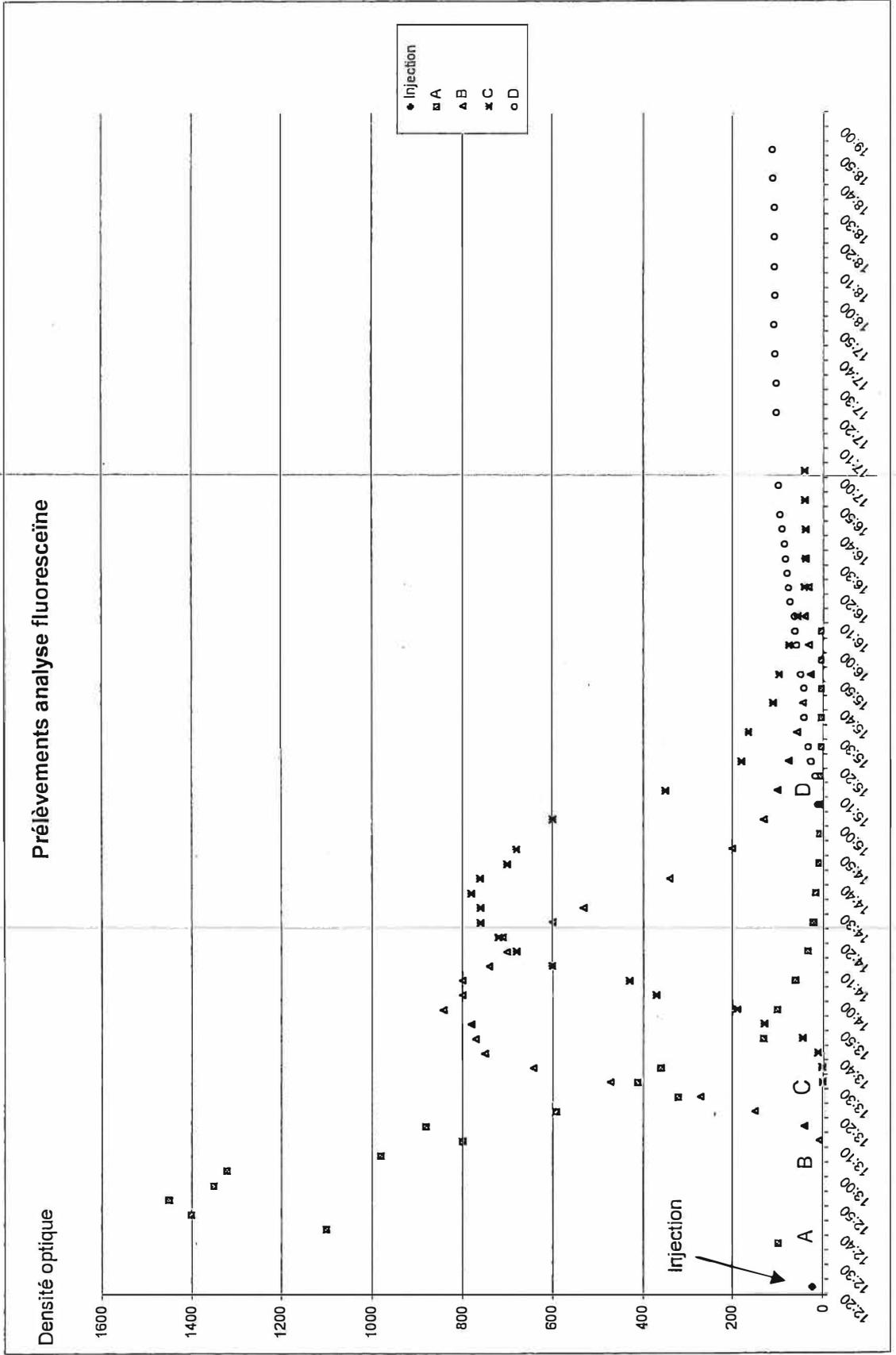
Commune de Cernon

Partie amont et aval du P60

L'injection a été effectuée à 12h30







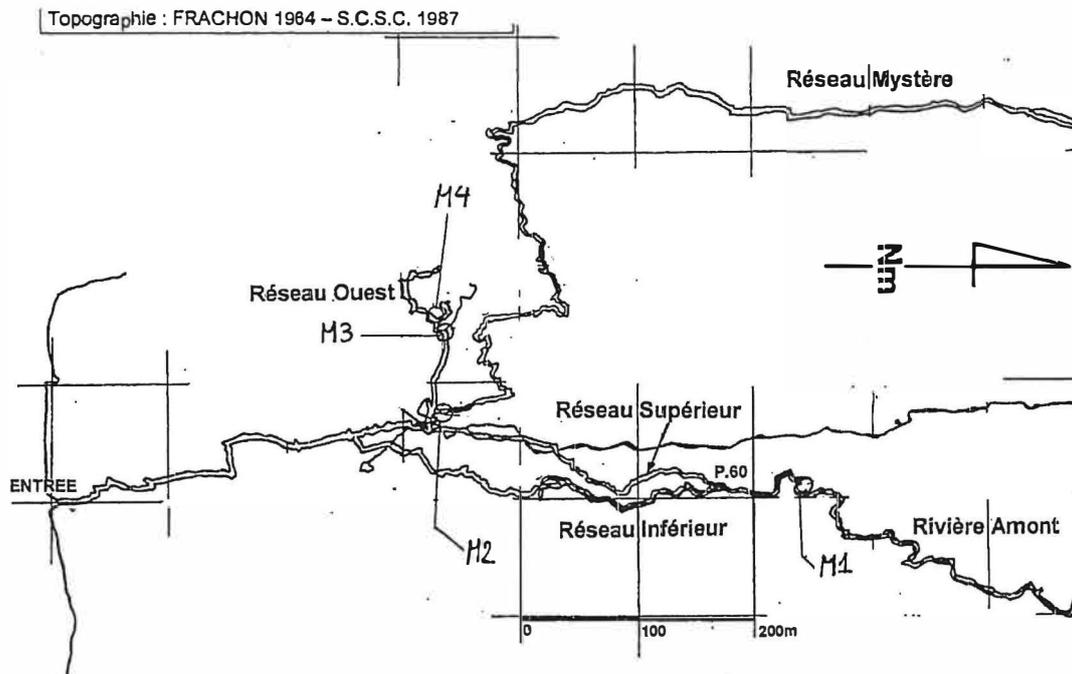
HYDROGEOLOGIE :

Prélèvements du 25 juillet 2001 .
Synthèse des 4 points de prélèvement

Heure	Injection	A	B	C	D
12:20	25				
12:25					
12:30					
12:35		98			
12:40		1100			
12:45		1400			
12:50		1450			
12:55		1350			
13:00		1320			
13:05		980			
13:10		800	9,5		
13:15		880	41		
13:20		590	150		
13:25		320	270		
13:30		410	470	2,5	
13:35		360	640	3,5	
13:40			750	12	
13:45		130	770	45	
13:50			780	130	
13:55		100	840	190	
14:00			800	370	
14:05		60	800	430	
14:10			740	600	
14:15		34	700	680	
14:20			710	720	
14:25		22	600	760	
14:30			530	760	
14:35		16		780	
14:40			340	760	
14:45		10		700	
14:50			200	680	
14:55		8			
15:00			130	600	
15:05		7			12
15:10			100	350	
15:15		5			18

15:20			74	180	27
15:25		4,2			33
15:30			56	165	
15:35		4			42
15:40			44	110	
15:45		3,5			43
15:50			28	96	50
15:55		3,5			
16:00			32	74	58
16:05		3,5			62
16:10			41	56	62
16:15					72
16:20			32	42	76
16:25					78
16:30			40	38	82
16:35					84
16:40				39	90
16:45					94
16:50				41	
16:55					98
17:00				41	
17:05					
17:10					
17:15					
17:20					102
17:25					
17:30					102
17:35					
17:40					105
17:45					
17:50					108
17:55					
18:00					106
18:05					
18:10					108
18:15					
18:20					108
18:25					
18:30					108
18:35					
18:40					110
18:45					
18:50					112
18:55					
19:00					

Localisation des points de mesure de température et de la conductivité



Prélèvement du 26 juillet 2001 à 14h00

A29 14:00 2

Prélèvement du 26 juillet 2001 à 14h02

B30 14:02 3,5

Prélèvement du 26 juillet 2001 à 14h07

C31 14:07 3

Prélèvement du 26 juillet 2001 à 14h50

D29 14:50 26

Mesure des temps du point d'injection aux points de prélèvements

Point de prélèvement	Temps de réapparition	Temps Modal
Point A	2 minutes	20 minutes
Point B	30 minutes	1 heure 25 minutes
Point C	1 heure 5 minutes	2 heures 5 minutes
Point D	2 heures 25 minutes	Non mesurable

Les temps ont été déterminés sur les courbes de résultats. Le temps de réapparition est considéré au décollage de la courbe de densité optique (par rapport à la densité de l'échantillon témoin) et le temps modal correspond au sommet de la courbe.

Détermination des vitesses du point d'injection aux points de prélèvements

Point de prélèvement	Vitesse de réapparition	Vitesse modale
Point A (20 m)	612 m/h	61,2 m/h
Point B (41 m)	83 m/h	28,8 m/h
Point C (84 m)	78 m/h	39,6 m/h
Point D (188 m)	76 m/h	Non calculable

Les distances données dans ce tableau représentent le parcours total du point d'injection aux points de prélèvement (distances verticales et horizontales ajoutées)

Détermination des vitesses de transit horizontal du point d'injection aux points de prélèvements

Point de prélèvement	Vitesse de réapparition	Vitesse modale
Point A (14 m)	420 m/h	42 m/h
Point B (31 m)	62 m/h	22 m/h
Point C (67 m)	62 m/h	32 m/h
Point D (126 m)	52 m/h	Non calculable

Les distances données dans ce tableau représentent le parcours purement horizontal du point d'injection aux points de prélèvements.

Détermination des vitesses de transit horizontal par rapport à la pente du point d'injection aux points de prélèvements

Point de prélèvement	Vitesse de réapparition	Vitesse modale
Point A (43 %)	9,8 m/h/%	1 m/h/%
Point B (30 %)	2,1 m/h/%	0,73 m/h/%
Point C (26 %)	2,4 m/h/%	2 m/h/%
Point D (49 %)	1,1 m/h/%	Non calculable

La pente utilisée dans ce tableau est définie par le dénivelé du point d'injection au point de prélèvement sur la distance purement horizontale parcourue.

Le rapport calculé dans ce tableau représente le rapport de la vitesse de transit horizontal par la pente du point d'injection au point de prélèvement.

Détermination des concentrations et du débit

En utilisant la courbe d'étalonnage du spectro-fluorimètre (concentration en fonction de la densité optique) nous pouvons tracer la courbe de la concentration en fluo en fonction du temps. Cette courbe est identique en forme à la courbe de densité optique du fait de la linéarité de la courbe d'étalonnage.

En calculant la surface de cette courbe sur sa partie utile (du moment de l'apparition de la fluo au moment où l'on considère que l'intégralité du traceur est passée) nous obtenons une concentration moyenne s'exprimant en mg/l.

Nous calculons ensuite le rapport de la masse de fluo injectée en mg sur la concentration en mg/l et nous obtenons donc le débit en l/s.

Mesure de conductivité et de température

Nous avons effectué ces mesures en 4 points du réseau et à la résurgence du système.

Mesures dans la cavité

Mesure au point d'injection le 25/07/01 à 12h14 ; conductivité 566 $\mu\text{s/cm}$ et température 10,3 °C.

Mesure sous l'entrée du réseau Mystère (gour coulant très légèrement et semblant alimenté par de l'eau coulant sur la coulée d'accès au réseau Ouest) le 25/07/01 à 17h30 ; conductivité 589 $\mu\text{s/cm}$ et température 9,9°C.

Mesure dans le réseau Ouest à la base de la corde (puits shuntant le boyau) dans une petite rivière le 25/07/01 à 18h00 ; conductivité 550 $\mu\text{s/cm}$ et température 9,9 °C.

Mesure dans le réseau Ouest (15 m après la tête de puits shuntant le boyau) dans un petit gour au pied d'une grosse coulée stalagmitique blanche et beige le 25/07/01 à 18h20 ; conductivité 608 $\mu\text{s/cm}$ et température 10°C.

Mesures sur la résurgence (en fait une émergence)

Mesure à la resurgence le 26/07/01 à 10h45 ; résurgence amont conductivité 367 $\mu\text{s/cm}$ et température 12,1°C et à la résurgence aval conductivité 367 $\mu\text{s/cm}$ et température 12°C.

Mesure à la résurgence le 27/07/01 à 10h25 à la résurgence aval conductivité 365 $\mu\text{s/cm}$ et température 12°C

Mesures sur le lac de Vouglans

Mesure dans le lac au niveau de la base de Bellecin ; le 26/07/01 à 13h00 ; conductivité 265 $\mu\text{s/cm}$ et température 25,7 °C.

Estimation des débits

Rivière du réseau Supérieur

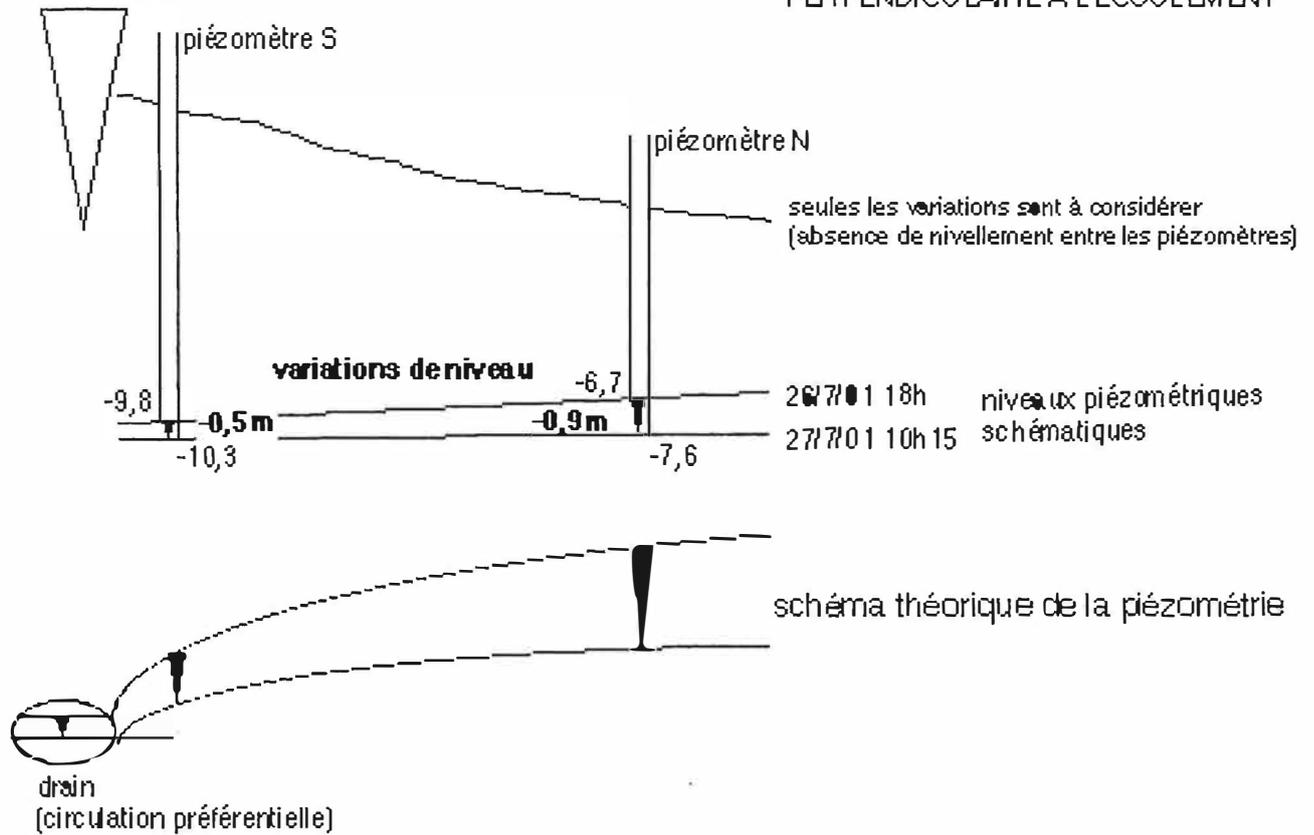
L'estimation a été faite à vue lors de la coloration ; valeur 3 l/s à ± 1 l/s .

Rivière du réseau Ouest

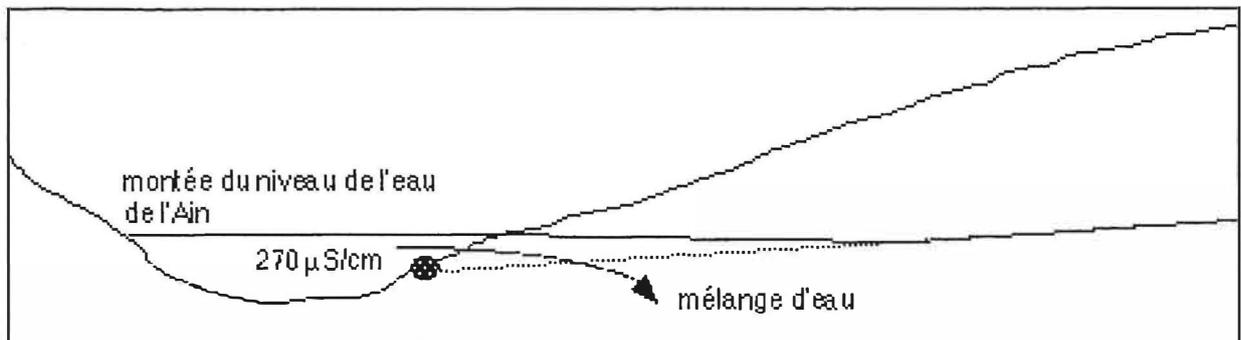
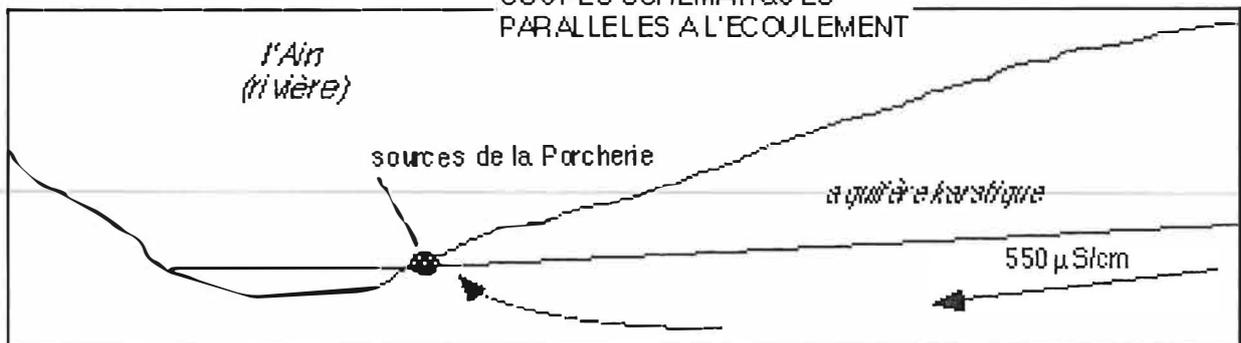
L'estimation a été faite à vue lors de la mesure de conductivité et de température ; valeur 0,2 l/s à $\pm 0,1$ l/s.

axe des sources
de la Porcherie

COUPE SCHEMATIQUE
PERPENDICULAIRE A L'ECOULEMENT



COUPES SCHEMATIQUES
PARALLELES A L'ECOULEMENT



Emergence

L'estimation a été faite le 27/07/01 à 10h25 lors des mesures de conductivité et de température ; le débit d'une émergence serait d'environ 150 l/s et l'autre 250 l/s ; ce qui donnerait un débit total de 400 l/s (estimation à vue de 200 l/s).

Cette estimation a été faite le lendemain d'un lâcher du barrage de Vouglans avec retenue du barrage aval. Le même phénomène se reproduisant le jour de l'estimation (rapide montée des eaux et passage de la résurgence en niveau noyé).

Conclusions

Il serait intéressant de refaire cette même expérience sur exactement le même lieu pour un débit différent. Pour avoir des arguments concluants il faut aussi faire cette expérience dans d'autres cavités présentant une morphologie similaire. L'expérience faite ne permet pas une étude statistique satisfaisante et en aucun cas une modélisation des écoulements dans les cavités du jura. Ce travail peut servir de base mais doit être impérativement complété.

Les résultats montrent que la morphologie des conduits a une influence sur la vitesse de transit de l'eau. La courbe A présente une forte vitesse de réapparition, cela s'explique par le peu de distance entre le point d'injection et le point de prélèvement. De plus aucun obstacle entre ces points (pas de gour...) ne vient gêner le transit de l'eau et la morphologie de la galerie fait canyon à forte pente.

La courbe B se différencie de la courbe A par une chute de vitesse, une augmentation du temps de réapparition. Ceci est dû à la présence d'une laisse d'eau de profondeur moyenne de soixante centimètres, d'une longueur de 5 mètres et une largeur de moyenne 30 centimètres dans laquelle le colorant a mis du temps pour se diluer et transiter. Se souvenir du débit de 0,2 l/s de la rivière.

La Courbe C a un profil identique à la courbe B du fait qu'il y a peu de résistance à la circulation de l'eau entre les points B et C (parcours de type canyon, pas de gour, pas de vasque, rivière courante etc.). Le décalage temporel entre B et C est un décalage explicable par une distance non nulle. Si la distance entre B et C avait été plus grande, on peut supposer que les formes seraient restées sensiblement identiques (à un léger amortissement près) avec un décalage temporel proportionnel aux distances entre ces deux points (décalage des pics de concentration maximale).

La courbe D est très aplatie ce qui s'explique par la présence d'un lac en bas du P40. Ce lac d'un très fort volume par rapport à l'écoulement de la rivière a fait rôle de frein et de dilution. A noter la présence de fluo le lendemain contre l'absence aux autres points de mesure (le temps de renouvellement de l'eau est très long). Il aurait été intéressant d'étudier la répartition du colorant dans la vasque. (coloration de surface, de fond, courant de fond, etc...)

Les vitesses sont à relativiser (étude incomplète par manque de temps) ; mais ce qui est à retenir c'est que les diminutions de vitesse sont à mettre en relation avec les gour, les lacs, en fait toute réserve d'eau sur notre étude. Ne pas oublier l'amortissement lié à la distance ; amortissement visible par les sommets des courbes.

Si les vitesses de transit de l'eau sous terre sont liées à la morphologie des conduits ; une coloration ne peut pas dans l'état des connaissances actuelles donner une image des galeries (trop de possibilités pour les conduits inconnus).

EQUIPE 3 : ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE D'UNE CAPTURE AU NIVEAU DU « P60 »

Equipe

Thierry DUBOURGET, Benoît LEBEAU et Alain MORENAS

Cadre

Stéphane JAILLET a parrainé cette étude. (Stéphane, tu laisse la phrase. Autrement, je n'apporte plus jamais de bière mais uniquement du Stroh)

Lieu

Nous avons étudié les trois galeries adjacentes au puits principal de la cavité nommée P60 (en réalité P44). Ces trois galeries sont:

- Galerie inférieure: suivre la galerie d'entrée jusqu'à un embranchement. La galerie de droite mène, via un ensemble de belles conduites forcées, à la galerie inférieure, située à la base du P60;
- Galerie supérieure: de l'embranchement, prendre à gauche, puis à droite (dans la Salle à Manger). La section étudiée débute quelques mètres avant un ressaut (avec arrivée d'eau) et se termine au P60;
- Rivière amont: l'on accède à cette zone grâce à un pendule, 5m sous le sommet du P60. Cette zone s'arrête au niveau d'une cascade concrétionnée.

Problématique

Notre étude cherche à mettre en évidence trois phénomènes. Premièrement, nous voulons observer et comprendre le creusement du P60 par rapport aux trois galeries qui en permettent l'accès. L'idée est d'établir une chronologie dans le creusement de ces galeries et du puits et d'observer les accidents géologiques qui ont donné naissance au P60.

Ensuite, nous nous intéresserons à l'écoulement de l'arrivée d'eau située dans la galerie supérieure.

Enfin, nous ferons un ensemble d'observations relatives au sens de l'écoulement des eaux ou, tout au moins, aux derniers écoulements qui ont marqué les galeries (coups de gouges).

Méthodologie

Notre approche se base sur un relevé topographique en plan et en coupe. Ce relevé est accompagné de plusieurs relevés morphologiques de détail, comme, par exemple, des coups de gouge, différents dépôts d'alluvions (qu'ils soient récents ou anciens), des sections de certaines galeries topographiées,...

Le matériel de topographie employé est le combiné Suunto et le décimètre.

Observations

La zone d'étude est divisée en huit zones présentant chacune des faciès morphologiques homogènes. Elles sont numérotées de A à H, en partant du Nord au Sud et des galeries supérieures vers les galeries inférieures. L'écoulement de la rivière actuelle vient de la Galerie Supérieure (zone A et B), passe par le puits (zone F) et continue dans la Galerie Inférieure (Zone G et H). Une petite arrivée d'eau apparaît dans la zone C et se dirige vers le puits. Les zone D et E sont fossiles.

Zone A

- Situation : Réseau Amont, de la cascade concretionnée jusqu'aux gros blocs
- Dimensions moyennes. Hauteur : 6m. Largeur: entre 1 et 2m.
- Description de la galerie : Méandre assez étroit, avec plusieurs blocs de taille métrique qui encombre le bas de la galerie. La rivière vient des cascades et se dirige vers le Sud.
- Observations : Coups de gouges allant du Nord vers le Sud. Concrétions et petites marmites.

Zone B

- Situation : Réseau Amont, de la fin de la zone A jusqu'au P60.
- Dimensions moyennes. Hauteur: 10m Largeur : 1m à 2m.
- Description de la galerie : Galerie en méandre assez haute. Le sol est occupé par la rivière. Dans les derniers mètres avant le P60, elle disparaît sous de gros blocs. La galerie présente un surcreusement qui coupe d'anciennes marmites (à 1m du sol).
- Observations : Coups de gouge allant du Nord vers le Sud. Coulée stalagmitique sur la paroi de droite. En un point, obstruction partielle du passage par un massif de concrétions (passage étroit). Trace d'anciens remplissages en hauteur.

Zone C

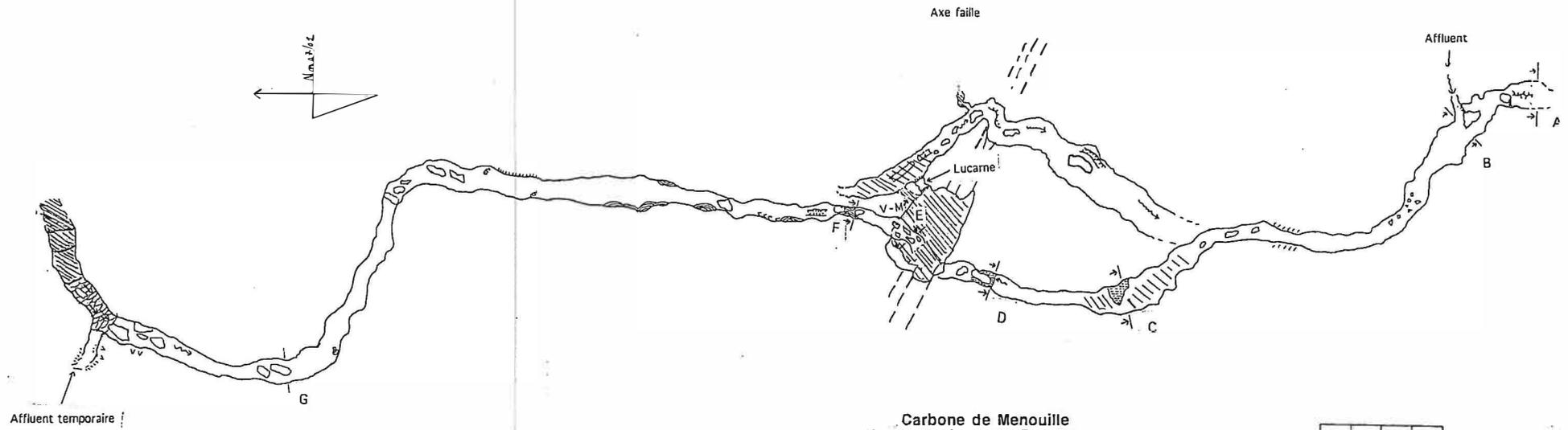
- Situation : Galerie Supérieure, du P60 jusqu'à l'arrivée d'eau (ressaut).
- Dimensions moyennes. Hauteur : 5m. Largeur : de 1 m à 2m.
- Description de la galerie : La galerie correspond à un creusement en méandre
- Observations : La galerie présente d'abondantes traces de remplissage d'argile varvée en paroi (jusqu'à 20cm du plafond) et présente plusieurs coups de gouge allant du Nord au Sud, dans sa partie supérieure. Un affluent coule vers le P60, donne dans le sens inverse des écoulements indiqués par les coups de gouges. Chenal de voûte dans un plafond plat et noir. Au niveau de l'arrivée d'eau, des concrétions sont presque entièrement corrodées.

Zone D

- Situation : Galerie Supérieure, zone de progression à quatre pattes, après la zone C.
- Dimensions moyennes. Hauteur : 50 à 70cm. Largeur : 1m.
- Description de la galerie : Galerie assez basse, où l'on progresse sur un remplissage qui paraît important.
- Observations : Coup de gouges du Nord vers le Sud. Plafond noir, avec chenal et coupoles.

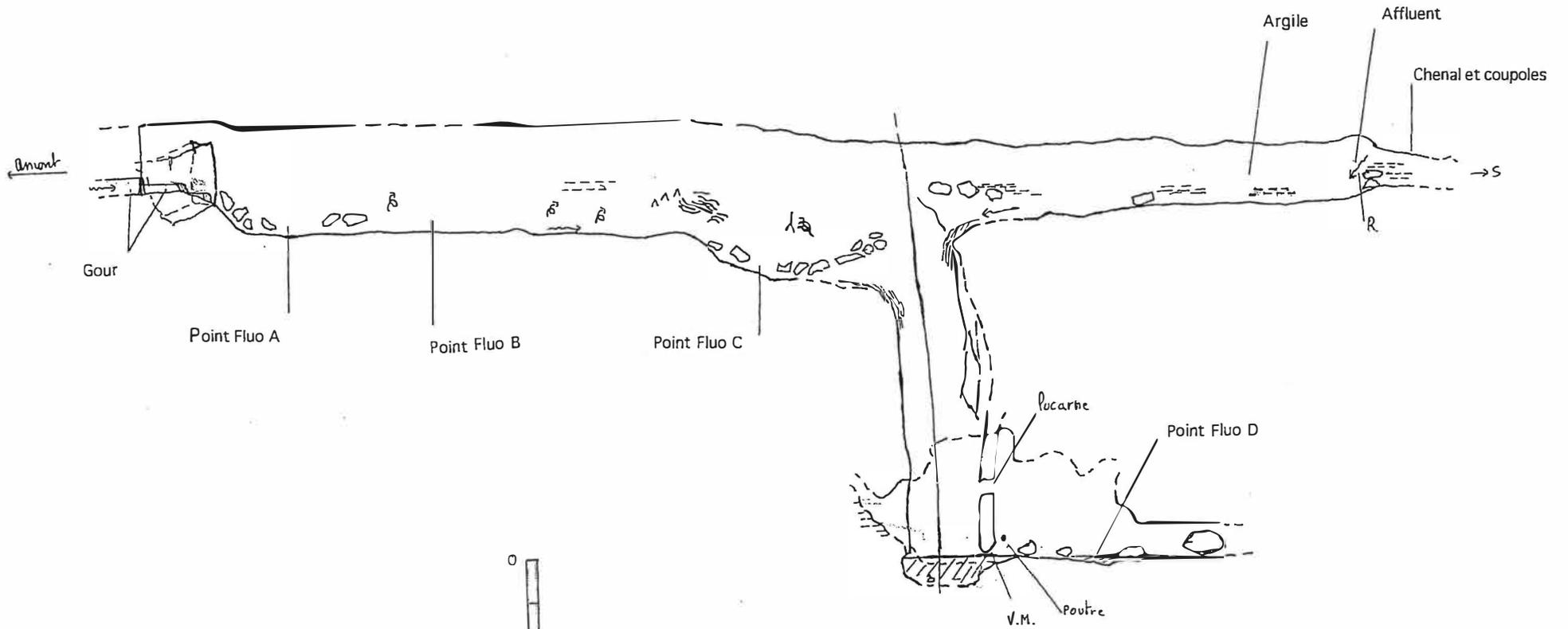
Zone E (non topographiée)

- Situation : Galerie Supérieure, hormis les zones C et D.
- Description : La galerie continue en méandre, avec ressauts et passages étroits.



Carbone de Menouille
 X 854,60 Y:160,33 Z:397m
 Juillet 2001

Plan.
 Equipe 3. Secteur P60.
 -Thierry DUBOURGET
 - Benoit LEBEAU
 - Alain MORENAS



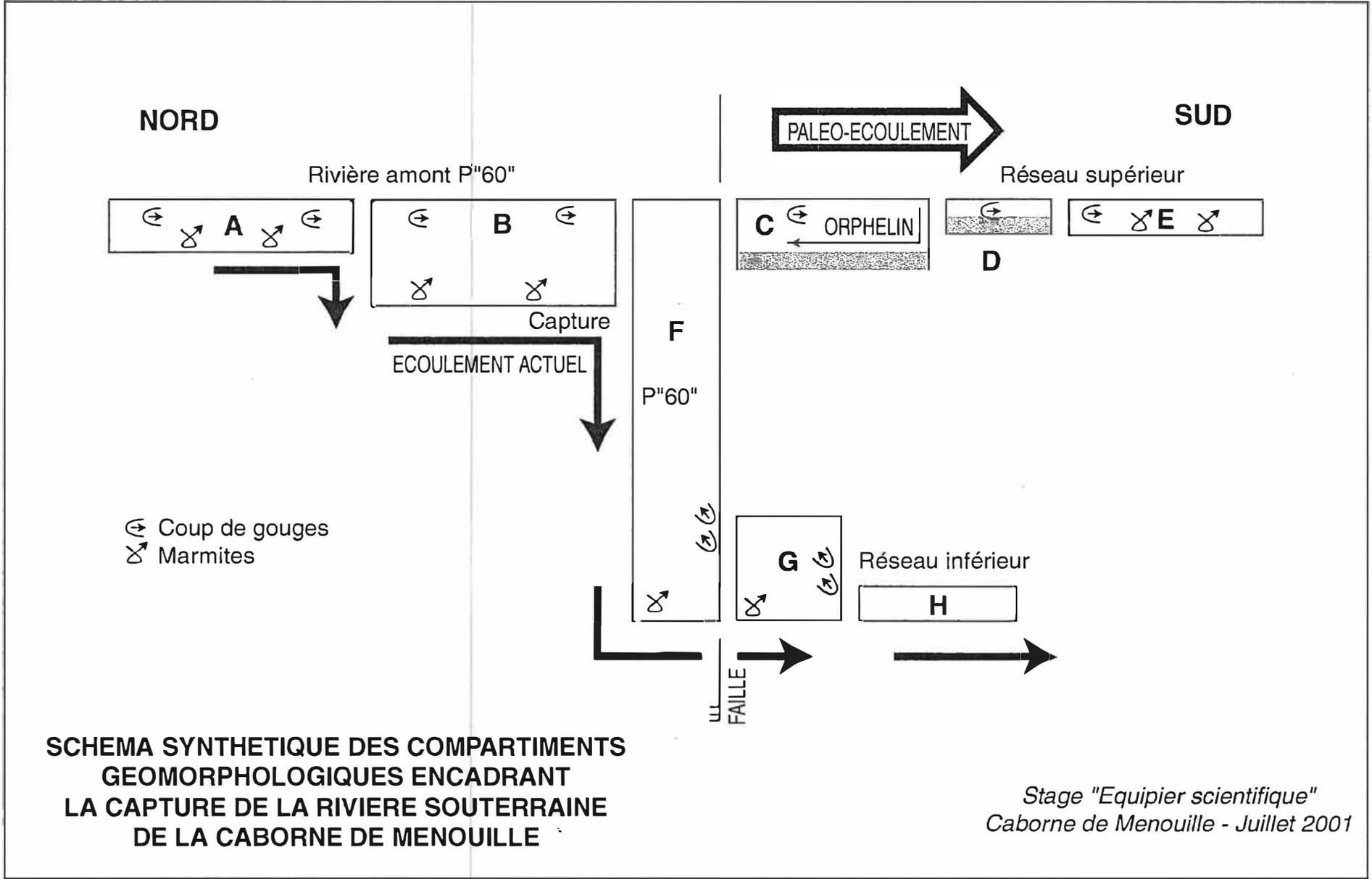
Carbone de Menouille
 Juillet 2001

Coupe

Equipe 3. Secteur P60.

- Thierry DUBOURGET
- Benoît LEBEAU
- Alain MORENAS





**SCHEMA SYNTHETIQUE DES COMPARTIMENTS
GEOMORPHOLOGIQUE ENCADRANT
LA CAPTURE DE LA RIVIERE SOUTERRAINE
DE LA CABORNE DE MENOUILLE**

*Stage "Equipier scientifique"
Caborne de Menouille - Juillet 2001*

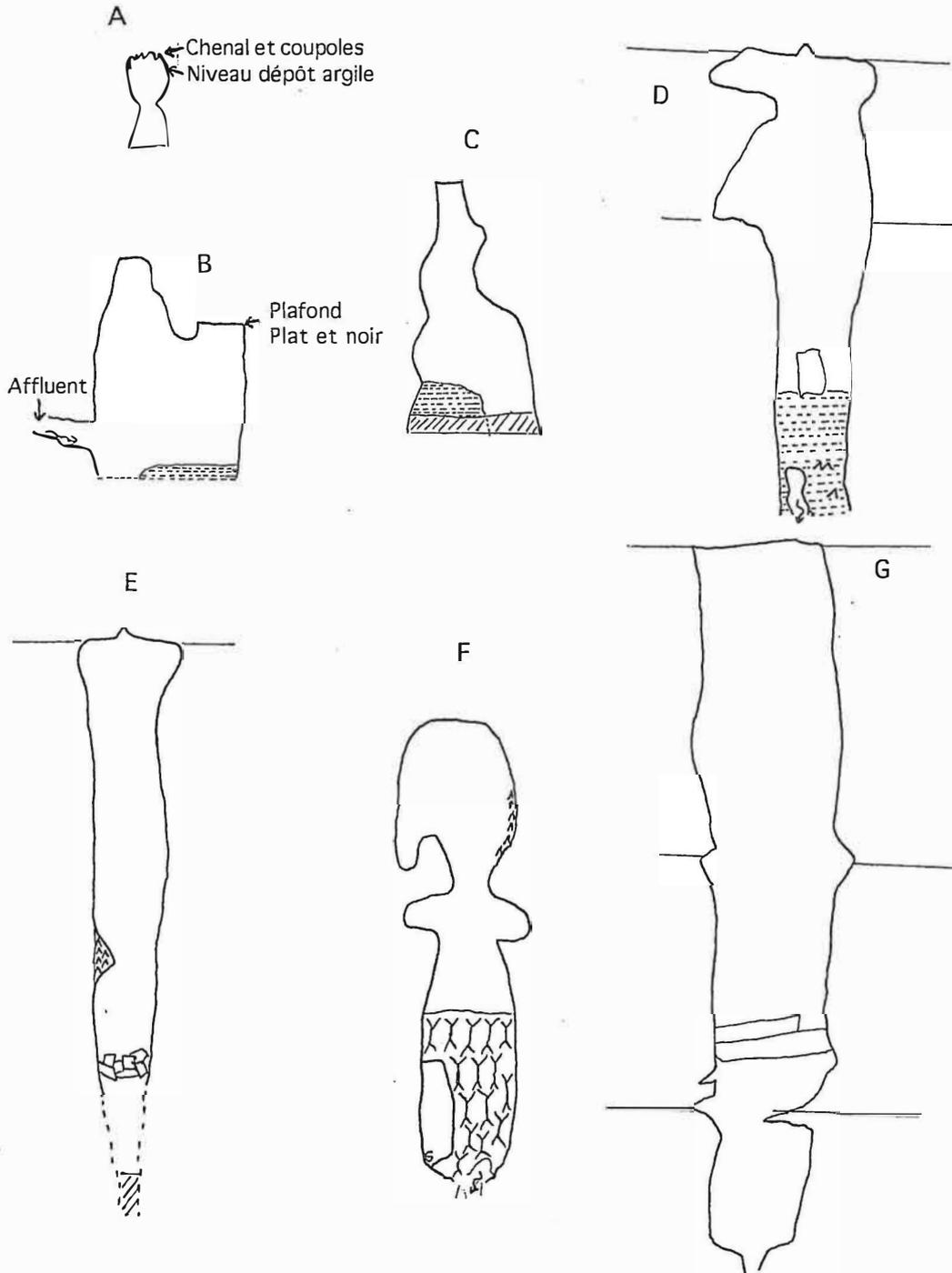
Stage de Carbone de Menouille

Section de galerie

Equipe 3. Secteur P60.

- Thierry DUBOURGET
- Benoît LEBEAU
- Alain MORENAS

Localisation: Voir Topo



- Observations : les parois présentent plusieurs traces de coups de gouge indiquant un écoulement du Nord au Sud. Le sol est surcreusé par de nombreuses marmites. Pour certaines de celles-ci, une paroi a disparu, indiquant un écoulement du Nord vers le Sud.

Zone F

- Situation : Puits de 44m de haut, nommé P60
- Dimensions moyennes. Diamètre supérieur : 3m (de forme elliptique). En bas, forme rectangulaire de 4m sur 5m.
- Description : Grand puits de 44m, assez large. Le sommet de ce puits est à la même altitude que le sommet de la galerie amont (continuation de la zone B). On observe une grande lame, séparant le puits en deux parties. Là, la rivière venant de la zone B s'écoule derrière cette lame. Le fond du puits est occupé par un lac.
- Observations : le plafond du puits montre plusieurs traces de fractures. Certaines de ces fractures se retrouvent au niveau du sol. L'une d'entre elle correspond à une faille avec un décrochement de l'ordre de 45cm. Cette faille s'oriente à 300°.

Zone G

- Situation : Galerie Inférieure proche du puits, dans le jeu de fractures.
- Dimensions moyennes. Hauteur : 10m Largeur : 1m
- Description de la galerie : Cette galerie se développe dans un jeu de fracture intense. Elle présente donc des angles droits et une petite salle. Une lucarne effectue la jonction entre le Puits et la galerie, de même qu'une voûte mouillante.
- Observations : Dans la lucarne des coups de gouge indique un sens d'écoulement de la galerie vers le P60. En plafond de galerie et sur plusieurs paroi, on observe des coups de gouge indiquant un écoulement venant du grand puits. A l'entrée de la zone H, d'autres coups de gouges, fortement creusés et de forme elliptique, indiquent une arrivée d'eau venant de la zone H (vers le puits). Remplissages d'argile et de concrétions.

Zone H (partiellement topographiée)

- Situation : Galerie Inférieure, à partir de la zone G
- Dimensions moyennes. Hauteur : 2m Largeur : 2m.
- Description : Galerie creusée en joint de stratification, présentant une forme généralement arrondie. Plusieurs galeries de forme cylindrique recoupe les méandres de la galerie principale.
- Observations : Coups de gouge indiquant un écoulement du Nord au Sud (donc, venant du Puits). Caillasse au sol, sans doute amenée par des crues.

Conclusion

Cette étude attire notre attention sur trois points. Premièrement, la Galerie Amont et la Galerie Supérieure formaient un seul ensemble. Une rivière y coulait dans le sens nord/sud. Suite à la fracturation importante, le P60 s'est creusé en suivant une faille. La rivière s'est fait capturer par ce puits. Deuxièmement, l'arrivée d'eau dans la Galerie Supérieure a pris un sens d'écoulement inverse à celui de la rivière dont elle était l'affluent. Elle a recréusé les importants remblais laissés par l'ancienne rivière. Enfin, le sens d'écoulement déduit des coups de gouge localisés dans toutes les zones plus basses que le P60 est difficilement interprétable. Une analyse plus poussée devrait être réalisée sur ce point, avant de tirer des conclusions.

EQUIPE 4 : GEOMORPHOLOGIE DE LA SALLE A MANGER, UN ENDROIT-CLE DE LA CAVITE

La Caborne de Menouille : comment en est-elle arrivée là ?

Equipe

Jean Luc FRONT, Alain GOBART, Robert ROUVIDANT

Cadres

Fabien HOBLEA, Stéphane JAILLET, Marc LATAPIE

Lieu

De la Salle à Manger au réseau Ouest, du carrefour de la galerie des Cloches avec le réseau Inférieur vers la Salle à Manger, et la Salle à Manger avec ses départs de galeries.

Problématique

La visite du mardi nous a amenés à nous poser des questions sur la genèse de la cavité plus particulièrement lors de l'observation de la Salle à Manger sur les sens d'écoulement de l'eau.

Détermination des fonctionnements passés et actuel du système. A l'aide d'observations topographiques et géomorphologiques.

Méthodologie

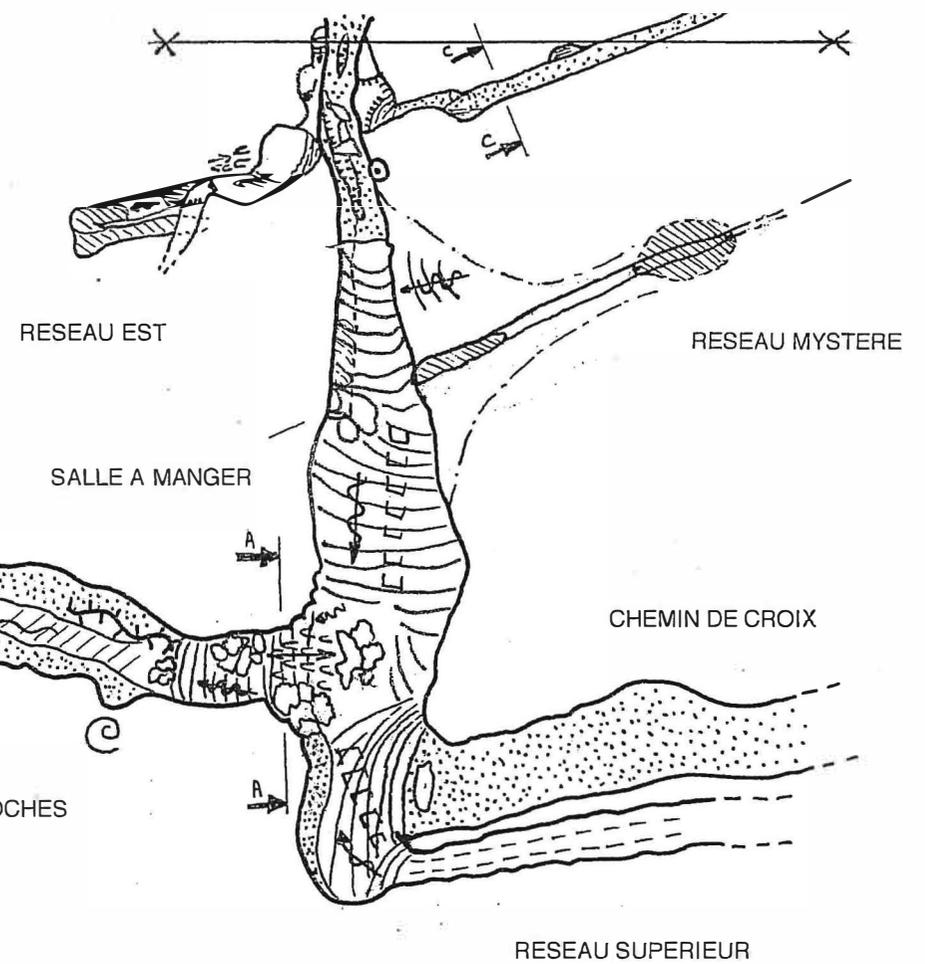
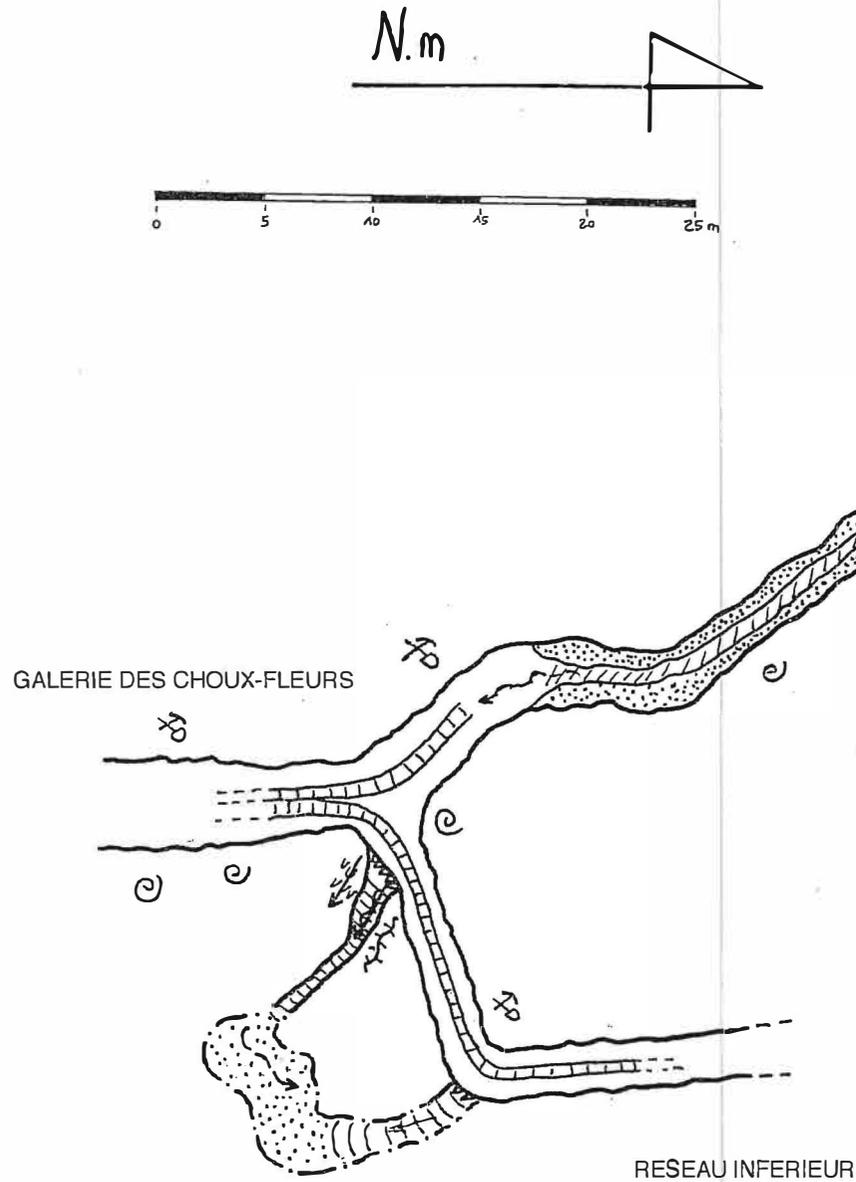
Réalisation de la topographie du réseau Ouest et de tous les départs de la Salle à Manger. Observations géomorphologiques et détermination de la genèse de la cavité.

Observations principales (sens de progression)

A l'entrée de la cavité, sur le porche, des chenaux de voûte sont présents, dans lesquels des plaquages de remplissage sont visibles.

Dans la galerie d'entrée, sur une cinquantaine de mètres, d'importants remplissages s'observent de part et d'autre du passage désobstrué. Ces remplissages de 6 mètres de haut sont constitués de blocs décimétriques et métriques anguleux ou émoussés ainsi que de galets liés par des éléments plus fins. Dans les remplissages présents tout au long des galeries des Choux-fleurs et des Cloches, certains dépôts argileux laminés semblent très anciens en raison de leur grande dureté, d'autres plus clairs et plus friables semblent plus récents. Sont également présents dans la galerie des Choux-fleurs, dans les remplissages, des boules de sables calcifiés re-érodés en forme sphérique.

Au plafond, à la jonction de la galerie des Cloches avec la Salle à Manger, des coups de gouge ouverts sont dirigés vers le haut, en sens inverse de l'écoulement observé.



**Caborne de menouille
Cernon - Jura**

1/2

UTM 31 WGS 84

X : 0703,754 Y : 5141,326 Z : 397

Carte IGN 3327 OT St Claude - Lac de Vouglans

Topographie du secteur de la Salle à Manger

Plan Echelle : 1/250

27/07/2001

Stage Equipier scientifique

Equipe

Jean-Luc Front, Alain Gobart, Robert Rouvidant

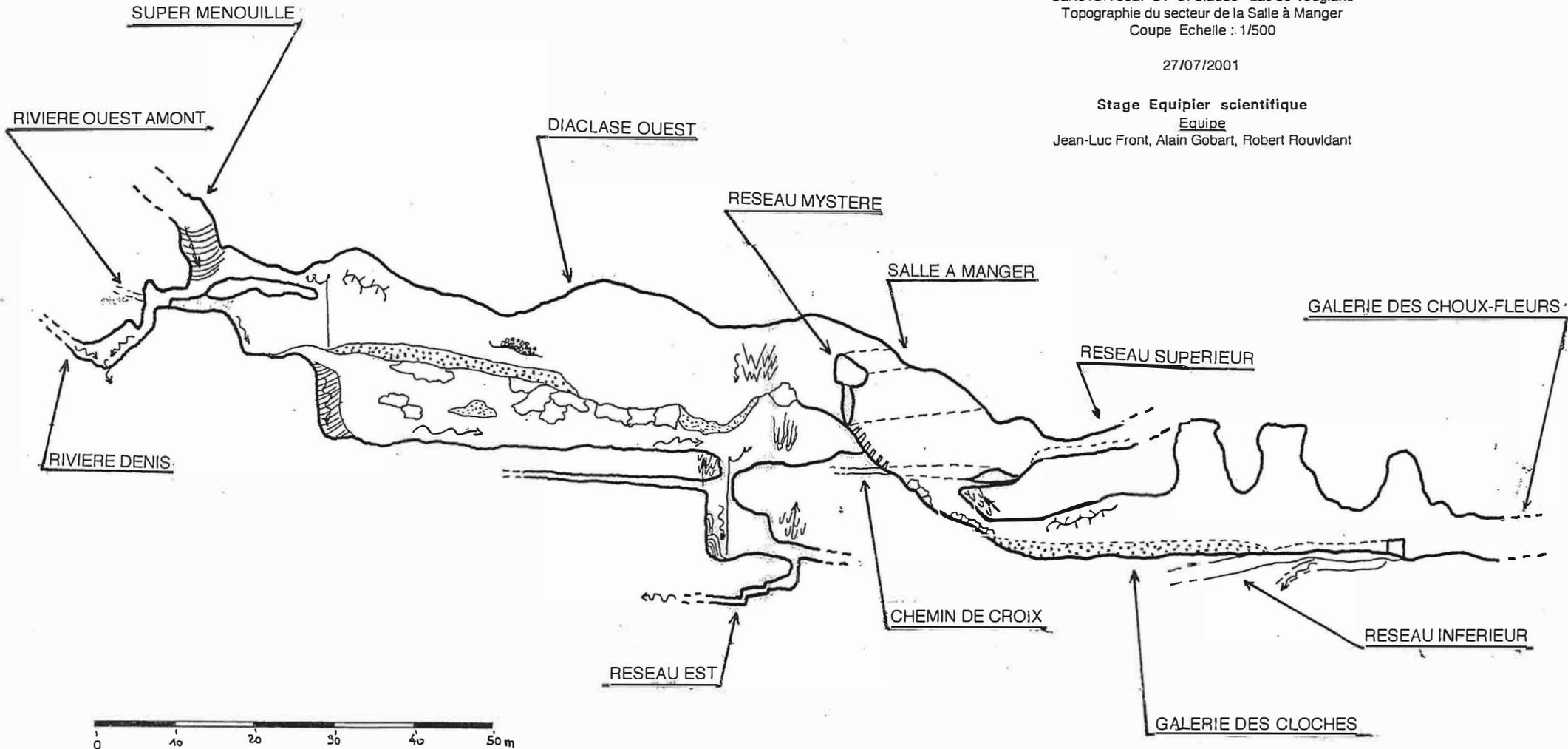
Coupe développée

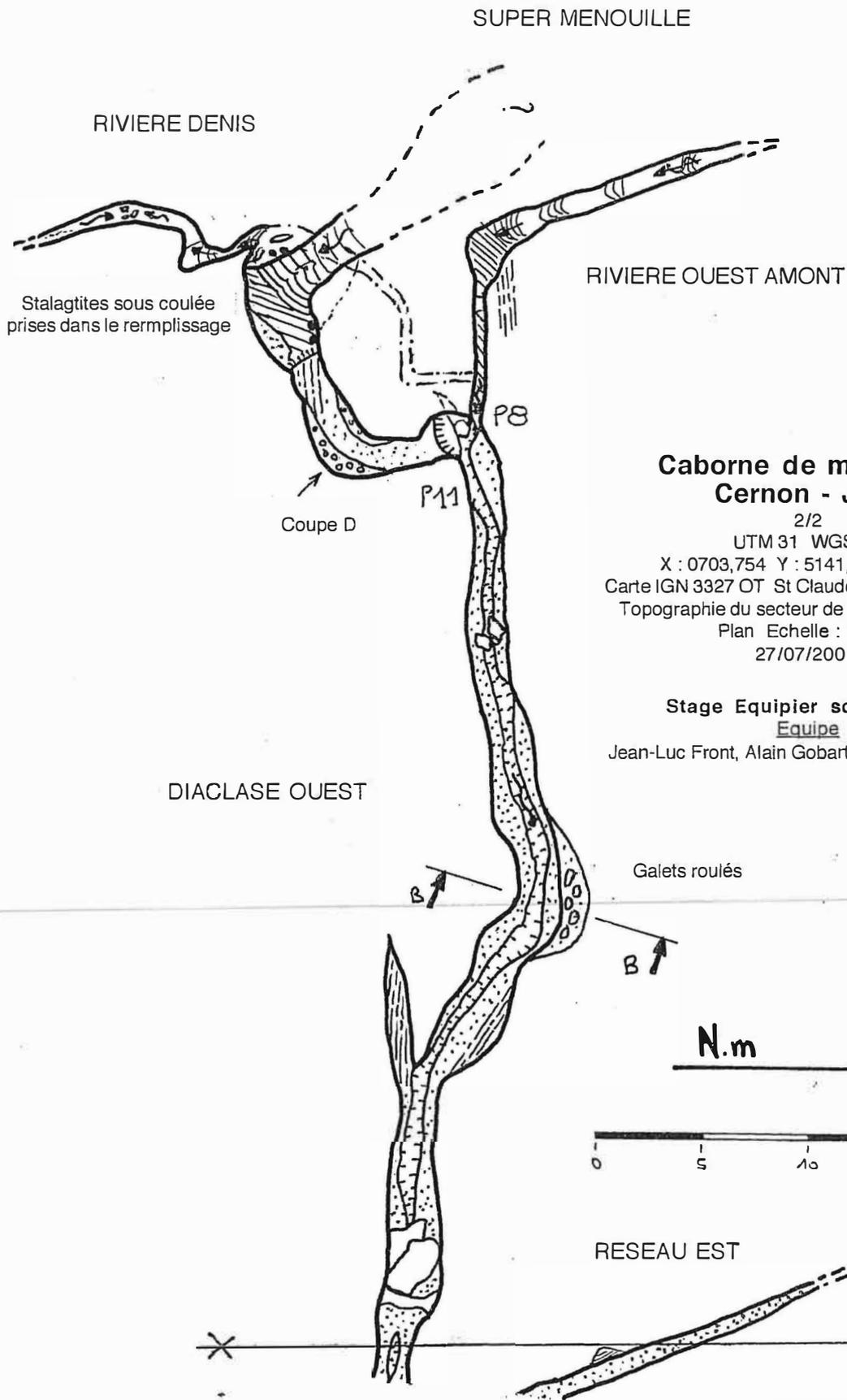
Caborne de menouille
Cernon - Jura

UTM 31 WGS 84
X : 0703,754 Y : 5141,326 Z : 397
Carte IGN 3327 OT St Claude - Lac de Vouglans
Topographie du secteur de la Salle à Manger
Coupe Echelle : 1/500

27/07/2001

Stage Equipier scientifique
Equipe
Jean-Luc Front, Alain Gobart, Robert Rouvldant



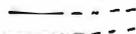


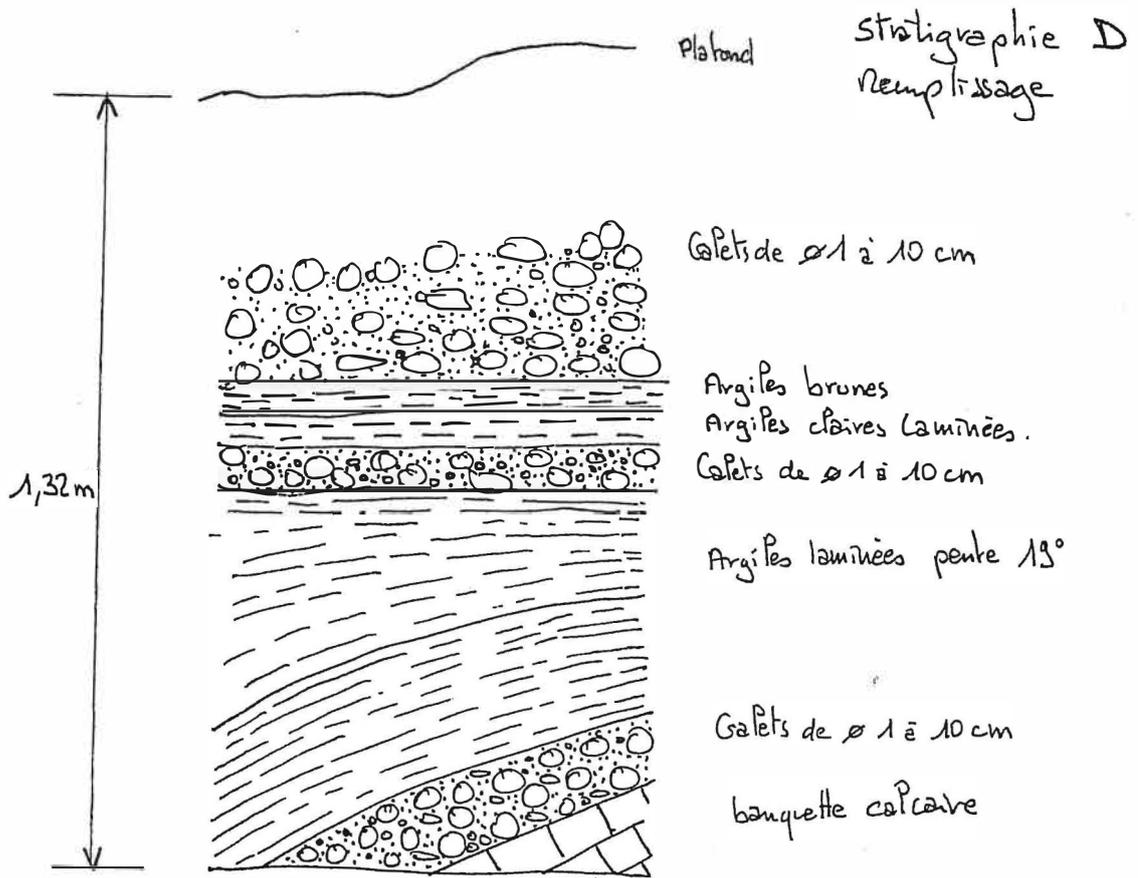
**Caborne de menouille
Cernon - Jura**

2/2
 UTM 31 WGS 84
 X : 0703,754 Y : 5141,326 Z : 397
 Carte IGN 3327 OT St Claude - Lac de Vouglans
 Topographie du secteur de la Salle à Manger
 Plan Echelle : 1/250
 27/07/2001

Stage Equipier scientifique
Equipe
 Jean-Luc Front, Alain Gobart, Robert Rouvidant

LÉGENDE TOPOGRAPHIQUE

	CHEVAL DE VOÛTE
	DÉPÔTS D' ARGILE
	ÉCOULEMENT
	ÉCOULEMENT + PENTE
	NON TOPOGRAPHIÉ
	COUPOLES
	COUPOLES SUR FRACTURE
	COUPS DE GOUGE AVEC SENS DE CIRCULATION D' EAU
	PUITS
	SENS DE LA PENTE
	DÉSOBSTRUCTION
	RAILS



Coupe A.A

coupe de gouge auvet.

1,8 m

Coupe B.B

9,4 m

Coupe C.C

argiles laminées

0,75 m

Des remplissages d'argiles laminés s'observent dans toutes les galeries et à toutes les hauteurs parfois en superposition à d'autres sédiments plus grossiers et même des galets roulés, y compris au sommet de Super Menouille et au plafond du réseau Mystère.

La section de Super Menouille correspond à la section de la galerie Ouest. La section rivière Ouest amont est bien plus petite.

Les plafonds des galeries du réseau Ouest de la rivière Denis et du réseau Supérieur sont totalement noirs, et déteignent en les touchant comme du noir de charbon.

Des surcreusements importants en dénivelé sont particulièrement remarquables dans toute la partie Ouest de la cavité.

Sous la coulée de calcite dans le réseau de Super Menouille des concrétions sont prisent dans un remplissage au-dessus duquel un nouveau concrétionnement s'est développé.

Tout le système, sauf les parties terminales des réseaux Ouest, Est et le réseau Inférieur, se développe à peu près à une même altitude de 400 mètres.

Il nous est relaté que lors de crues exceptionnelles (décennales) l'eau résurge à l'entrée de la cavité.

Historique de la galerie d'entrée jusqu'à la Salle à Manger

Pour la construction du barrage de Vouglans au début des années soixante, EDF demande une étude aux spéléologues de la Caborne de Menouille dès 1957, car celle-ci se trouve à une altitude légèrement inférieure au plan d'eau de retenue.

Pour accéder plus facilement au réseau actif, EDF demande à une entreprise de déblayer la galerie d'entrée en 1961. Cette société va donc évacuer les déblais qui obstruent presque entièrement cette galerie puisque Jean-Claude Frachon et son équipe, qui explorent la caverne, passent au mieux à quatre pattes et certains passages à plat ventre.

Sous le porche d'entrée, plus de 6 mètres de remplissage sont enlevés. Toute la galerie est vidée en son centre et aménagée d'une voie ferrée sur 400 mètres. Le puits de 7 mètres est transformé en plan incliné pour la continuité de la voie. Une conduite est posée pour recueillir les eaux arrivant au point bas de la galerie pour les évacuer vers la vallée.

Hypothèse de genèse de la cavité

En référence des observations ci-dessus, nous en avons déduit 8 phases d'évolution plus ou moins imbriquées.

1^{ère} phase : creusement syngénétique

En utilisant les fracturations et surtout la flexure nord/sud bien visible à l'entrée de la cavité, le réseau s'organise avec un niveau de base plus élevé que l'actuel d'environ 60 mètres.

Tous les conduits se creusent en régime noyé : la rivière Frachon par le réseau supérieur, le Chemin de croix, le réseau Mystère (au moins la partie avale) et la rivière Denis. Tous confluent dans la Salle à manger avec pour exutoire la galerie d'entrée débouchant sur la vallée de l'Ain qui se situait plus haut que le niveau actuel.

2^{ème} phase : Surcreusement

Ces galeries subissent un surcreusement dû à l'abaissement du niveau de base. Le Chemin de croix n'est peut-être pas affecté, préservé par un remplissage (Voir observation n° 7).

3^{ème} phase : Colmatage

L'exutoire se ferme (vallée probablement occupée par un glacier), les galeries se noient et se colmatent par décantations successives. C'est la création d'argiles laminées dont maintenant les traces sont indurées. (Voir observations n° 1 et 3)

4^{ème} phase : Décapage

Ces colmatages sont décapés par une reprise de la circulation, le surcreusement reprend. Certains témoins restent en place. (Voir observations n° 3, 5 et 9)

5^{ème} phase : Capture verticale

Le niveau de base s'abaissent encore. Nous entrons dans une phase de capture verticale (période interglaciaire avec végétation). Le réseau Inférieur capture la rivière Frachon par le puits de 40 m. La rivière Ouest amont est capturée par le P20. Les hautes eaux et les crues sont évacuées par la galerie d'entrée. (Voir observation n° 8)

6^{ème} phase : Colmatage

Comblement entier des galeries par des dépôts fins à cause de la fermeture de l'entrée par un glacier certainement du Würm² qui au cours de son déplacement pousse des moraines et des blocs d'éboulis dans l'entrée sur une cinquantaine de mètres. Les farines glaciaires apportées par l'eau se déposent en lamines de 5 à 10 mm dans tout le réseau devenu très peu transmissif. Par endroits (ex. : sommet du puits de Super Menouille) de fines couches de calcite (< 1 mm) séparent ces lamines dues à l'alternance saisonnière. On obtient un mille-feuille pouvant dépasser 50 cm d'épaisseur. (Voir observations n° 3 et 9)

7^{ème} phase : Décapage

Disparition du glacier. L'eau se fait un passage dans la terrasse fluvio-glaciaire qui barre sa sortie depuis la fonte du glacier. Le sol post-glaciaire dénudé favorise les mises en charge qui permettent un débouchage partiel de l'entrée. Ces crues amènent des graviers et de petits galets de rivières aériennes qui se déposent sur les dépôts laminés et les mille-feuilles.

Ces apports d'eau importants envoient la partie basse des galeries d'entrée avec reflue vers la Salle à Manger pour s'échapper sans doute par le réseau Est.

Les rivières recréent les sédiments sauf dans le réseau Supérieur ou la rivière Frachon ne passe plus.

8^{ème} phase : Creusement et calcification

Situation actuelle.

En régime normal, la rivière Frachon s'évacue par la perte dans la galerie aval du réseau Inférieur jusqu'à la résurgence actuelle.

² Würm : Période glaciaire de - 90 000 à -15 000 ans comprenant 4 périodes plus froides.

En crue, l'eau peut remonter dans le P 15 puis reprendre la galerie d'entrée, car le débit de la perte est insuffisant. Les galeries se mettent en charge, l'eau remonte vers la Salle à Manger, et se déverse probablement dans le réseau Est.

La rivière Ouest part dans le réseau Est. La rivière Denis se perd avec un affluent dans une salle de Super Menouille et réapparaît d'après J.-C Frachon dans le réseau Est.

La galerie Inférieure entre le P40 et le P15 est en grande partie sèche en régime normal, car le ru se perd à une vingtaine de mètres en aval du P 40 et réapparaît en aval du P 15. Il s'agit d'un surcreusement déconnecté du conduit primitif.

Le concrétionnement très actif crée de grandes coulées de calcite dans la rivière ouest et la rivière Denis. L'une d'elles obstrue la diaclase Ouest et cimente les blocs coincés sur la banquette de surcreusement.

Conclusion

C'est une cavité complexe dont la genèse peut supporter de multiples hypothèses. Ce travail très intéressant nous montre à quel point il est difficile de remonter dans le temps. Les remplissages sont des témoins importants.

Il nous faudra revenir dans une trentaine de millénaires pour voir l'évolution et faire le complément de notre étude.

Recueil d'articles

2. CABORNE DE MENOUILLE

39 Cernon

X : 854,80 Y : 160,33 Z : 397 m
I.G.N. 1/25 000 Moirans 3-4 — Carte Michelin n° 70 pli 14
Développement : 5 600 m — Dénivellation : 157 m (–55, +102)

Accès

De Cernon, prendre l'ancienne route de Menouille (D 60). Dans la descente, peu avant le réservoir, prendre à gauche dans l'avant-dernier lacet un chemin de terre qui conduit à l'entrée de la grotte. Une grille obstrue en partie le porche, mais on peut la contourner sans problème (demander l'accord du maire de Cernon).

Historique

L'exploration fut esquissée en 1948-1949 par le G.S. Jurassien, sous la direction de G. Métrat : le développement fut porté à 2 200 m pour 70 m de dénivellation (–55, +15), après vidange de deux siphons près de l'entrée.

A partir de 1957, l'E.D.F. envisage la construction du vaste barrage de Vouglans : la grotte risquant de poser des problèmes d'étanchéité, il est demandé au G.S. Jurassien d'en reprendre l'exploration. C'est ce qui est fait, d'abord sous la conduite de G. Coulois, puis sous celle de J. C. Frachon, jusqu'en 1964. Les cotes sont portées successivement à 3 000 m (déniv. 87 m) en 1960, puis 4 200 m (déniv. 91 m) en 1961, puis 4 600 m (déniv. 105 m) en 1963, et enfin 5 600 m (déniv. 157 m) en 1964, après jonction avec le Gouffre de Cernon.

La première traversée est réalisée par J. C. Frachon et six stagiaires de la F.F.S., le 31 juillet 1964. Depuis, ce parcours est rendu impraticable par le déversement d'égouts dans le gouffre de Cernon.

Description

Nous ne décrivons ici qu'un seul itinéraire de visite de la cavité, qui comporte d'autres possibilités de parcours.

Les galeries d'entrée ont été agrandies en tunnel par les travaux E.D.F., en 1961, d'abord jusqu'au carrefour situé à 320 m (départ à droite du Réseau inférieur, décrit plus loin), puis jusqu'à la «**Salle à Manger**», 60 m plus loin. Dans cette salle, on délaissera les galeries se présentant à gauche, et on gravira les échelons scellés accédant, à droite, au Réseau supérieur.

Cette galerie fossile (4 x 2 m), longue de 350 m, comporte une zone rétrécie où il faut ramper sur une cinquantaine de mètres. Elle conduit au sommet du **P.60**, puits qu'il faut franchir en voûte par une traversée de 10 m suivie d'une descente de 6 m.

On prend alors pied dans une rivière, qui se jette dans le P.60. **Vers l'amont**, on peut la remonter sans difficulté — hormis deux chatières — sur 500 m, jusqu'à une cascade de 10 m dont l'escalade, aisée en étiage, peut poser quelques problèmes en hautes eaux. Au sommet, on bute 50 m plus loin sur un bouchon stalagmitique. Il faut chercher un peu avant, en voûte, une lucarne ouverte à l'explosif. Un passage étroit, puis une cascade de 4 m, conduisent à la «**Rivière Frachon**». D'abord surbaissée au-dessus d'un plan d'eau pro-

fond sur 125 m, la galerie devient plus confortable après une chatière, et on atteint 220 m plus loin une petite salle close en amont par un siphon : on se trouve alors à 1 630 m de l'entrée, à la cote +37 m. Au-delà de cet obstacle, une jonction a été réalisée avec le Gouffre de Cernon, à +102 m, par 300 m de galeries non décrites ici.

Au retour, on pourra descendre le P.60 (profond de 40 m seulement), au lieu de le traverser en voûte, à condition d'avoir équipé au préalable le **Réseau Inférieur**.

A la base du puits, on contourne un lac profond par une traversée équipée d'un fil clair. Il faut alors gagner par une escalade délicate une lucarne, 6 m au-dessus du plan d'eau, pour redescendre au-delà de la même hauteur, dans la galerie aval. On quitte la rivière qui se perd à droite (cote –30), et on continue la galerie sur 150 m pour gravir, à gauche, une série de ressauts équipés d'étais vermoulus, où la prudence s'impose. On remonte ensuite un puits de 10 m, à équiper à l'aller avant d'entreprendre ce circuit. Puis 230 m de galeries pittoresques rejoignent le carrefour mentionné plus haut, à 320 m de l'entrée.

La grotte comporte encore quelques possibilités de « première » :

- Dans le « réseau Mystère », qui s'ouvre sur la paroi de droite dans la pente stalagmitique de la « Salle à Manger », le siphon terminal est à plonger.

- Au-delà de la voûte-mouillante terminale (5 m), à l'amont de la rivière, la galerie se prolonge, après la jonction avec le Gouffre de Cernon, par un méandre très étroit qui n'a été vu que sur 250 m ; il continue au-delà du point d'arrêt, à 2 000 m de l'entrée.

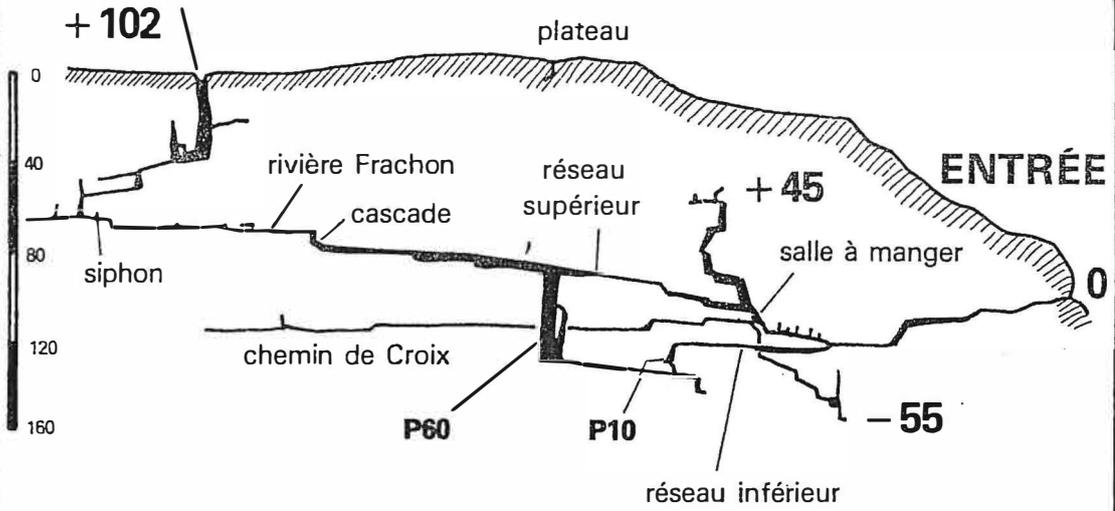
Bibliographie

J.-C. Frachon, 1970, in *Actes du 4^e Congrès suisse de spéléologie*, Neuchâtel, pp. 125-137, 5 fig.

Fiche d'équipement

Puits	corde	amarrage
1. Traversée du P.60		
Traversée	15 m	4 Sp.
R.6	10 m	CP+1 Sp.
2. Rivière		
Cascade 10 m	15 m	AN
3. Descente du P.60		
P.60	50 m	2 Sp., MC 5 m, 2 Sp.
Lac (base)	20 m	facultatif (fil clair)
Lucarne	15 m	2 Sp.
P.10	15 m	fer scellé + 1 sp. + 1 Sp. à –3

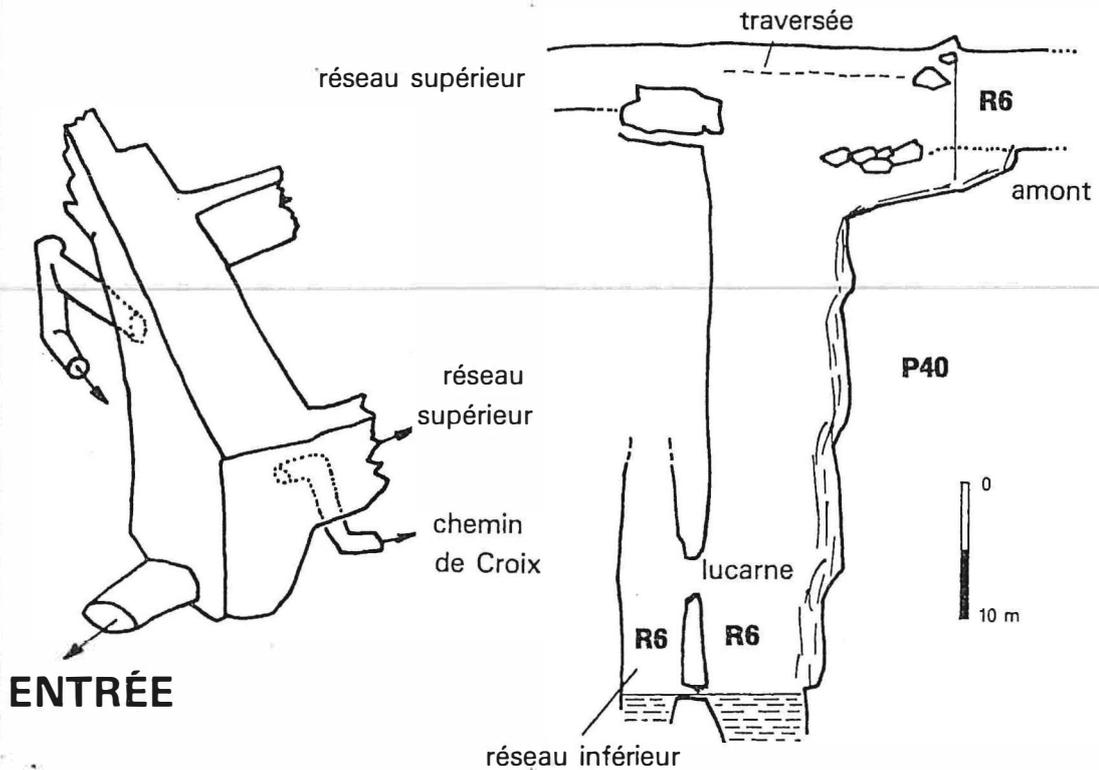
GOUFFRE DE CERNON



COUPE SCHÉMATIQUE

CABORNE DE MENOUILLE

39 Cernon



« SALLE A MANGER »

« P 60 »

Frachon 1980

POSITIONNEMENT ET ROLE D'UNE FAILLE DANS LA CAPTURE DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS DE LA CABORNE DE MENOUILLE (Jura).

Implication pour le fonctionnement hydrologique et la répartition faunistique

Synthèse et présentation : Didier CAILHOL et Jean-Luc FRONT

Auteurs :

Christian BOUDSOCQ, Thierry DUBOURGET, Alain GOBART, Patrick HENRY, Dominique JEAN, Benoît LEBEAU, Josiane LIPS, Delphine JACONELLI, Alain MORENAS, Robert ROUIDAN, Karl WILLEMS.

Equipe d'encadrement et intervenants :

Gérard CAZE, Alain COUTURAUD, Thibaut DATRY, Jean-Claude FRACHON, Fabien HOBLÉA, Stéphane JAILLET, Marc LATAPIE, Christophe TSCHERTER, Marie-José TURQUIN.

La Caborne de Menouille, située sur la commune de Cernon (39) a fait l'objet de campagnes d'exploration de la part du Groupe Spéléo Jurassien durant les années 1948, 1949. La vidange des deux siphons proche de l'entrée a permis la reconnaissance de 2200 m de galeries.

Le projet d'implantation du barrage de Vouglans en 1957 par EDF va relancer les investigations dans cette cavité, sous la conduite de Jean Claude FRACHON afin de déterminer l'éventualité de défauts d'étanchéité lors de la mise en eau l'infrastructure hydroélectrique.

D'importants travaux d'aménagement sont réalisés dans la zone d'entrée pour supprimer les deux siphons et faciliter l'accès à ce qui est appelé le réseau inférieur et dans le gouffre de Cernon tout proche.

En 1964, avec la liaison entre le gouffre de Cernon et la Caborne de Menouille, le développement de la cavité est de 5700 m pour une dénivellation de 157 m.

Par la suite d'autres campagnes d'exploration post siphon ont porté le développement à 6665 m.

La mise en place polyphasée de ce réseau du fait de l'action de facteurs multiples et notamment l'influence des glaciations quaternaires ont retenu l'attention des organisateurs du stage équipiers scientifiques afin d'y réaliser une étude didactique.

Il sera abordé lors de cette session les aspects de géomorphologie, d'hydrologie et de biospéologie.

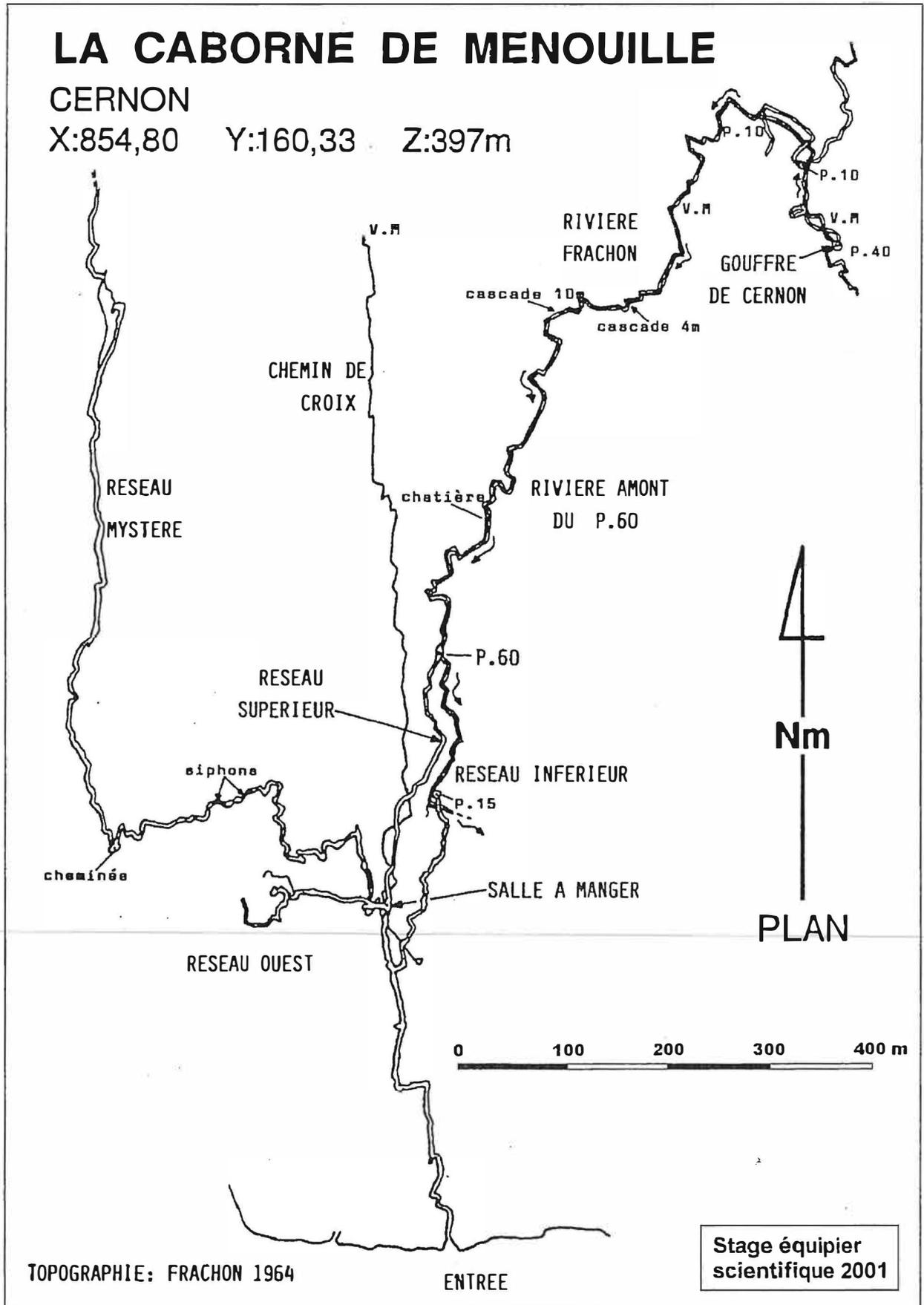
Quatre équipes sont constituées pour prendre en charge les différents aspects de cette étude. L'encadrement est assuré par un spécialiste de cette discipline et par un cadre de terrain chargé de la progression et de la mise en œuvre des opérations de mesures et de relevés

Description de la cavité autours du P60

Cette cavité se développe dans les calcaires du jurassique supérieur du plateau de Cernon. Une flexure d'orientation Nord bien visible depuis l'extérieur est à l'origine de la galerie d'entrée.

Bien que considérablement modifiée par les travaux d'aménagement lors de l'étude préalable pour la construction du barrage de Vouglans, des niveaux de remplissages glaciaires subsistent encore sur des hauteurs importantes. Ils sont constitués par de gros galets et des graviers pris dans un limon fin blanc de type farine glaciaire.

Plus loin, d'autres remplissages présents tout au long des galeries des Choux-fleurs et des Cloches, des dépôts argileux laminés semblent très anciens en raison de leur grande dureté, d'autre plus clairs et plus friables semblent plus récents.



A 320 m de l'entrée un carrefour donne accès sur la droite au réseau inférieur qui rejoint par des galeries très corrodées, comportant de magnifiques captures et boucles de méandres et un puits d'une douzaine mètres, la base du P 60 (puits de 42 m) alimentée par les eaux de la rivière amont.

En poursuivant la galerie principale sur la gauche par la galerie des cloches, on arrive à la Salle à Manger, jonction importante dans la mise en place et le fonctionnement de la cavité.

Le réseau supérieur qui est actuellement fossile, amène par une série de méandres au sommet du P60.

Dans la partie aval de ce réseau, la morphologie des galeries est en trou de serrure haute et peu large comprenant des restes importants de remplissages varvés argilo - limoneux disposés en placage sur les parois.

Dans la partie médiane, une zone sinueuse se développe à partir de joint de stratification donnant des plafonds plats recouverts d'un enduit sombre.

Le sol est constitué de limons recouverts de sable grossier qui forme un plancher relativement plat.

La galerie présente alors l'aspect d'un laminoir relativement bas.

Dans la partie amont, la galerie redevient haute mais plus étroite. Une arrivée d'eau, l'affluent orphelin coule en direction du P60 avec un très faible débit.

Paradoxalement des coups de gouge sur les parois indiquent un écoulement de l'eau dans cette galerie en direction de la salle à manger.

Au plafond on observe un chenal de voûte se développant dans un plafond plat et recouvert également d'un enduit sombre.

Au sommet du P 60 une fracture d'orientation Nord Ouest, Sud ouest est nettement visible. Celle ci est à l'origine de la formation de ce puits et à la capture de la rivière souterraine venant du réseau amont.

A la base puits au niveau du lac, le rejet de l'ordre du mètre de la faille est nettement visible.

Hypothèse de genèse de la cavité :

De différentes observations dans la cavité on peut déduire huit phases d'évolution plus ou moins imbriquées.

1^{ère} phase : creusement syngénétique

En utilisant les fracturations et surtout la flexure Nord Sud bien visible à l'entrée de la cavité, le réseau s'organise avec un niveau de base plus élevé que l'actuel d'environ 60 mètres.

Tous les conduits se creusent en régime noyé : la rivière Frachon par le réseau supérieur, le Chemin de croix, le réseau Mystère (au moins la partie avale) et la rivière Denis. Tous confluent dans la Salle à manger avec pour exutoire la galerie d'entrée débouchant sur la vallée de l'Ain qui se situait plus haut que le niveau actuel.

2^{ème} phase : Surcreusement

Ces galeries subissent un Surcreusement dû à l'abaissement du niveau de base. Le Chemin de croix n'est peut-être pas affecté, préservé par un remplissage (Voir observation n° 7).

3^{ème} phase : Colmatage

L'exutoire se ferme (vallée probablement occupée par un glacier), les galeries se noient et se colmatent par décantations successives. C'est la création d'argiles laminées dont maintenant les traces sont indurées. (Voir observation n° 1 et 3)

4^{ème} phase : Décapage

Ces colmatages sont décapés par une reprise de la circulation, le surcreusement reprend. Certains témoins restent en place. (Voir observation n° 3, 5 et 9)

5^{ème} phase : Capture verticale

Le niveau de base s'abaissant encore. Nous entrons dans une phase de capture verticale (période interglaciaire avec végétation). Le réseau inférieur capture la rivière Frachon par le puits de 40 m. La rivière Ouest amont est capturée par le P20. Les hautes eaux et les crues sont évacuées par la galerie d'entrée. (Voir observation n° 8)

6^{ème} phase : Colmatage

Comblement entier des galeries par des dépôts fins à cause de la fermeture de l'entrée par un glacier certainement du Würm* qui au cours de son déplacement pousse des moraines et des blocs d'éboulis dans l'entrée sur une cinquantaine de mètres. Les farines glacières apportées par l'eau se déposent en lamines de 5 à 10 mm dans tout le réseau devenu très peu transmissif.

7^{ème} phase : Décapage

Disparition du glacier. L'eau se fait un passage dans la terrasse fluvio-glaciaire qui barre sa sortie depuis la fonte du glacier. Le sol postglaciaire dénudé favorise les mises en charge qui permettent un débouchage partiel de l'entrée. Ces crues amènent des graviers et de petits galets de rivières aériennes qui se déposent sur les dépôts laminés et les mille-feuilles.

Ces apports d'eau importants envoient la partie basse des galeries d'entrée avec reflux vers la Salle à Manger pour s'échapper sans doute par le réseau Est.

Les rivières recréent les sédiments sauf dans le réseau supérieur où la rivière Frachon ne passe plus.

8^{ème} phase : Creusement et calcification

Situation actuelle.

En régime normal, la rivière Frachon s'évacue par la perte dans la galerie aval du réseau inférieur jusqu'à la résurgence actuelle la source de la porcherie en bordure de l'Ain.

En crue, l'eau peut remonter dans le P 15 puis reprendre la galerie d'entrée, car le débit de la perte est insuffisant. Les galeries se mettent en charge, l'eau remonte vers la Salle à manger, et se déversent probablement dans le réseau Est.

HYDROLOGIE

Compte tenu de l'organisation de ce réseau, on peut se demander si la vitesse de circulation de l'eau du réseau supérieur au réseau inférieur varie beaucoup en fonction de la morphologie des conduits ? Ces résultats peuvent-ils être exploités dans des cavités proches (modèle) ?

Une image physico-chimique simplifiée des écoulements (conductivité et température) permet-elle une meilleure compréhension du fonctionnement de la cavité ?

Pour cela un traçage avec 200 g de fluorescéine et suivi du nuage de colorant a été réalisé en amont du P60.

Des prélèvements ont été réalisés en quatre endroits, trois dans le réseau supérieur et un en aval du lac à la base du P60.

Simultanément une mesure de conductivité et de température sont réalisées.

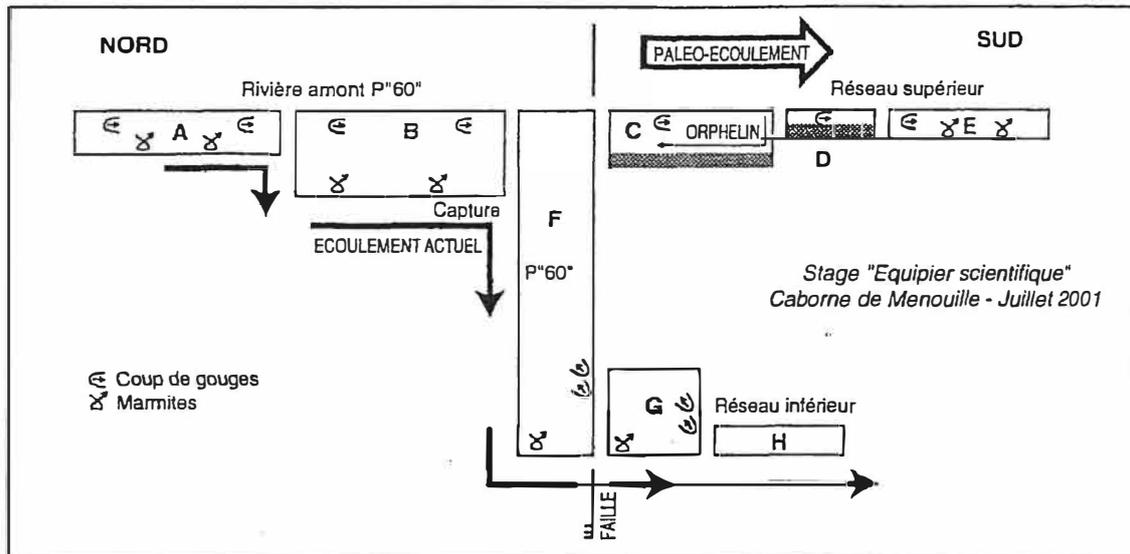
Les variations de vitesses observées sont directement liées à la morphologie de la galerie traversée.

Une vitesse rapide en début de parcours du fait qu'aucun obstacles (gours, bassins ...) et une pente assez forte ne viennent ralentir la progression de l'eau.

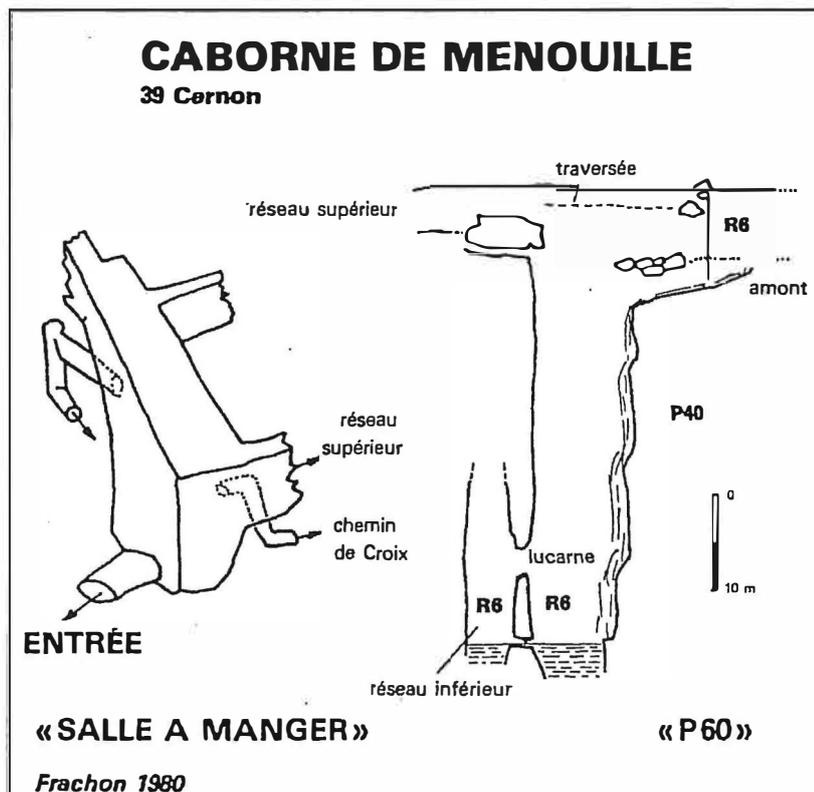
Un ralentissement dans la zone en amont du P60 lié à différents bassins que l'on rencontre dans ces parties de galerie.

Puis le lac à la base du P 60 qui provoque un abaissement très important de la vitesse de déplacement du traceur du fait de son volume.

La méthodologie que nous avons mise en œuvre ne nous permet malheureusement pas de pouvoir aller au-delà des observations que nous avons réalisées sur les vitesses de transit dans cette portion de cavité.



SCHEMA SYNTHETIQUE DES COMPARTIMENTS GEOMORPHOLOGIQUES ENCADRANT LA CAPTURE DE LA RIVIERE SOUTERRAINE DE LA CABORNE DE MENOUILLE

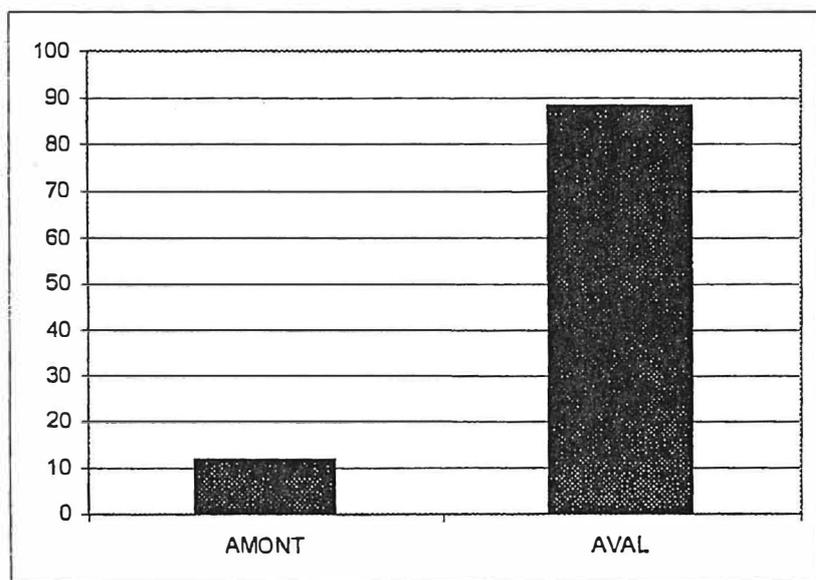


BIOSPEOLOGIE

En complément de l'étude hydrologique, il est apparu intéressant de se pencher sur l'aspect qualitatif de l'eau de cette rivière souterraine.

Depuis plusieurs décennies les égouts du village de Cernon sont déversés en amont du P 60. Pour observer si cette pollution de type organique a un impact sur la distribution des organismes, nous avons regroupé toutes les données en deux catégories : amont du P 60, et aval du P 60.

Les résultats montrent très clairement (histogramme 1) que 90 % des organismes récoltés proviennent de la zone aval. La zone amont s'est avérée très pauvre en faune (10%), avec notamment aucun individu aquatique observé.



Histogramme 1 : Répartition des organismes en amont et en aval du P60 (en %)

Les mesures d'oxygène dissous, de conductivité et de température ne montrent pourtant pas de désoxygénation des eaux. Toutefois, nous n'avons pas effectué de prélèvement sous la perte des égouts, et il est fortement probable que les eaux seraient peu oxygénées à ce niveau, et qu'elles se recharge en oxygène par brassage (cascades, ...) durant son trajet jusqu'à l'amont du P60. Les valeurs de conductivité sont assez élevées, traduisant sans doute une charge polluante non négligeable.

Histogramme 2 : Répartition des organismes en amont et en aval du P 60 (en %)

	Amont 1	Amont 2	Aval	Résurgence
Température (°C)	13,2	13,2	13,2	13,6
Conductivité (µS.cm)	573	566	565	367
Oxygène dissous (mg.l)	9,6	9,9	10	6,7
Saturation (%)	102	105	110	66

Conclusion

Le contexte d'un stage à contenu scientifique, permet sur la base d'observations simples et d'un travail de topographie rigoureux de remettre en place la chronologie des épisodes de la mise en place d'une cavité.

De cette façon les différents facteurs géomorphologiques, hydrologiques et biospéologiques viennent se compléter et se recouper pour proposer une hypothèse d'organisation d'un système karstique.

BIBLIOGRAPHIE

- FRACHON Jean Claude : La caborne de Menouille (Cernon, Jura français), Actes de 4^{ème} congrès suisse de spéléologie, Neuchâtel, sept 70, Neuchâtel 1971, p 125 - 137.
- THEROND R. : Recherches sur l'étanchéité des lacs de barrage en pays karstiques, 1973 thèse d'ingénieur 444 pages collection du centre de recherche et d'essais de Chatou, 1973, Eyrolles éditeur
- FRACHON Jean Claude : Découverte du Jura souterrain, 25 grottes et gouffres du département du Jura, p 18 à 21, 3^{ème} édition, 1992.
- MOURIAUX Pierre : stage 1986 connaissances du milieu souterrain, organisé par l'EFS et la commission scientifique du COSIF, p 5 à 12.

DISCUSSION

La commune de Cernon jette ses eaux usées dans le gouffre du même nom, et tout l'amont de cette branche est fortement polluée. L'oxygénation par le P60 permet une certaine dépollution naturelle.

Le réseau Mystère est sur une petite faille ; et le Chemin de Croix, conduit particulièrement rectiligne, est sur une flexure.

Le P60 fait 42 mètres.

L'entrée de Menouille a fonctionné en perte glaciaire : on y trouve des moraines jusqu'à 50 mètres de l'entrée. Et un chenal de voûte à l'entrée. Une obstruction partielle de ce type est effectivement responsable de certains chenaux de voûte (Balme de Cluses, Haute-Savoie, par exemple), mais il y a des chenaux de voûte profonds.

On observe dans le P15 une circulation ascendante joignant le conduit inférieur au supérieur. Capture ?

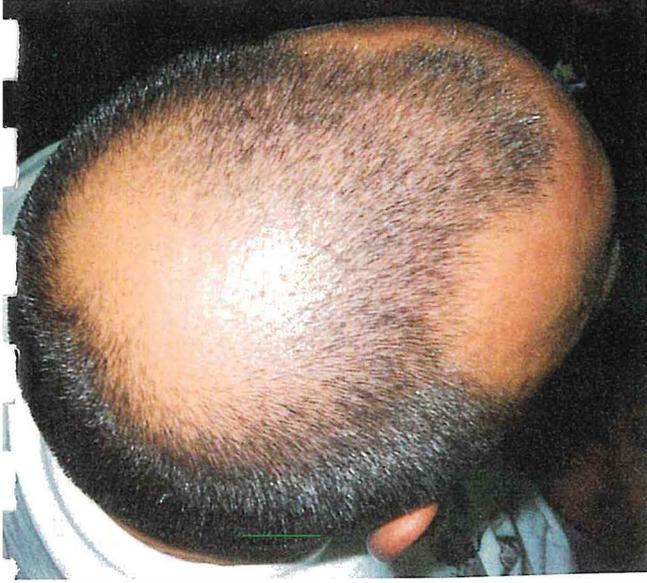
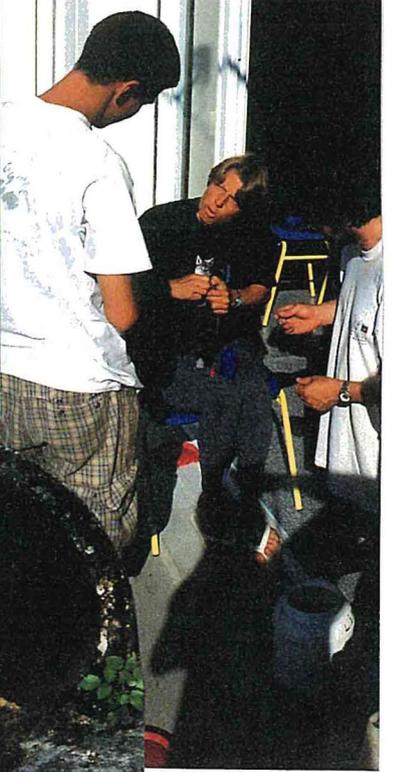
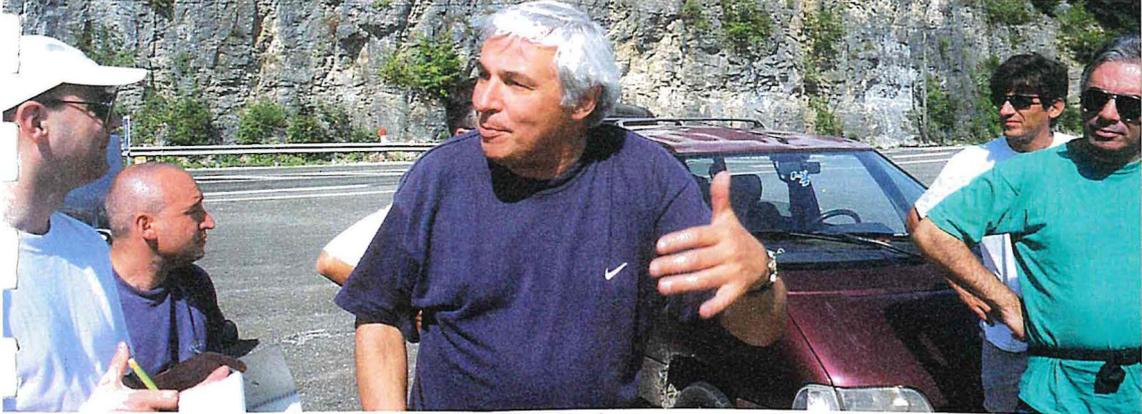
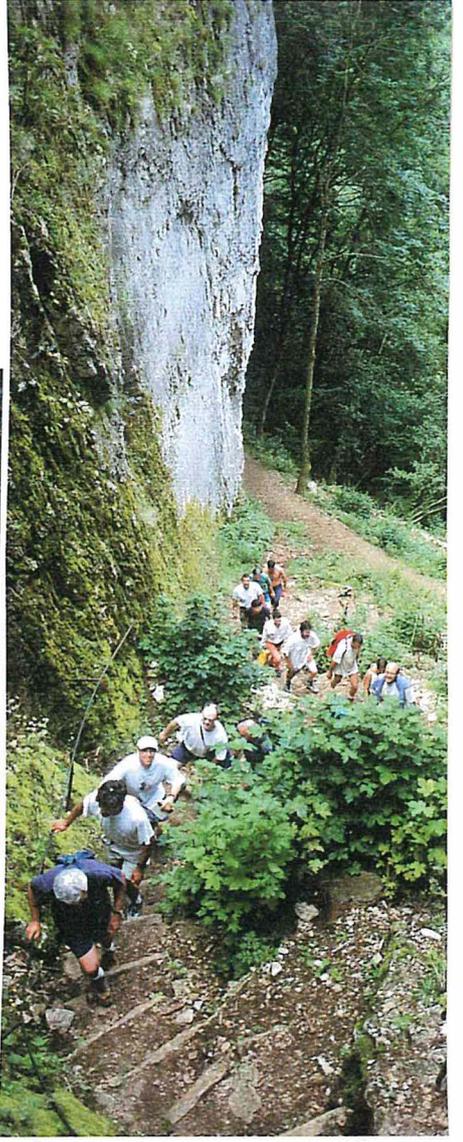
Il faut souligner que ce sont les stagiaires qui font le compte-rendu.

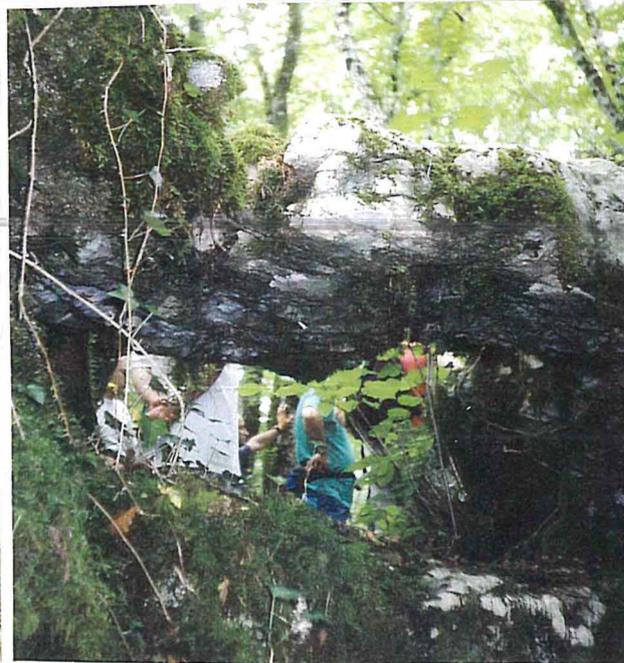
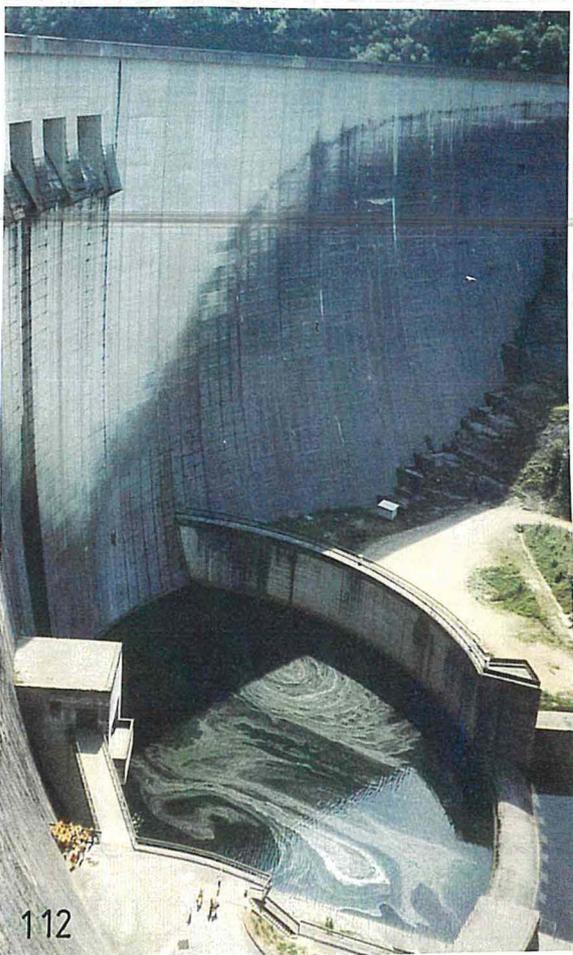
N.D.L.E. : le 9 mai 1959, un orage difficilement prévisible de 21 mm d'eau en une heure a manqué de bloquer, par siphonnement dans les zones d'entrée, une partie de l'équipe qui visitait la grotte.

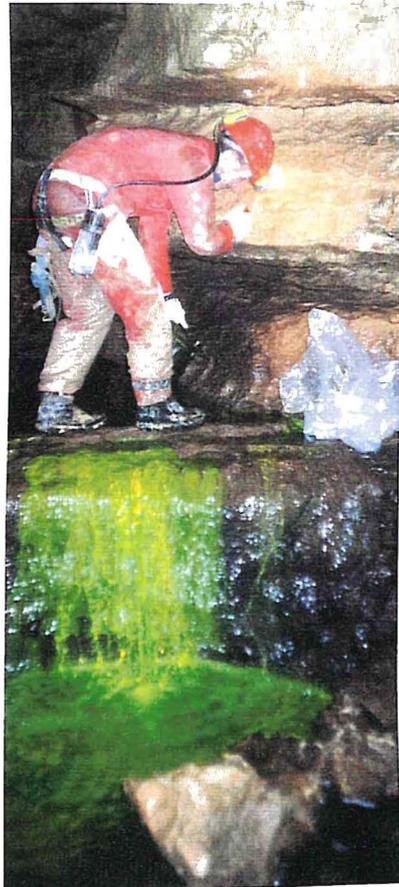
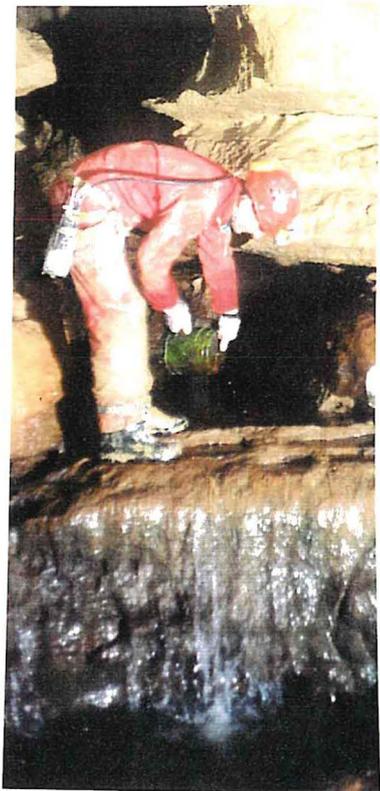
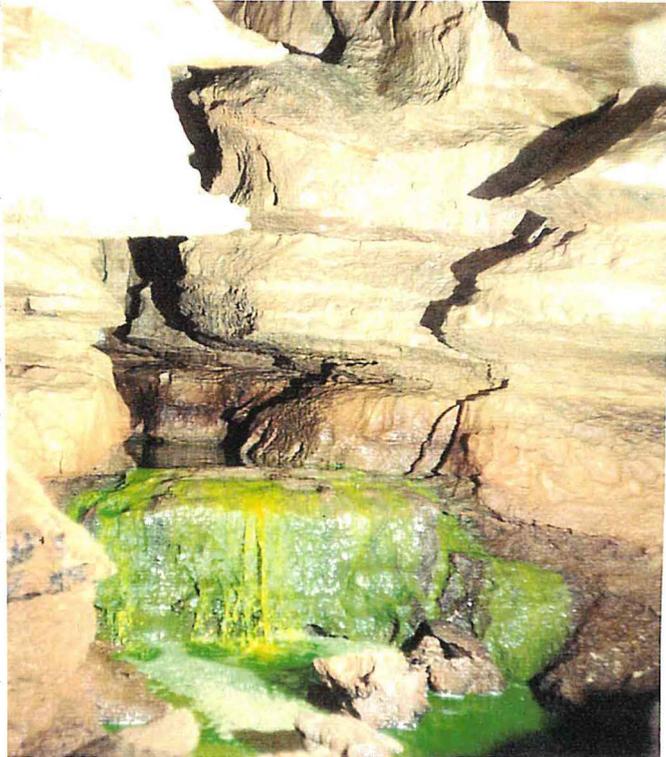
CABAILLOT P. - 1959, À la Caborne de Menouille ; Grottes et Gouffres, Bull. S.C.Paris n° 20, 11-20

Les petits plus du rapport

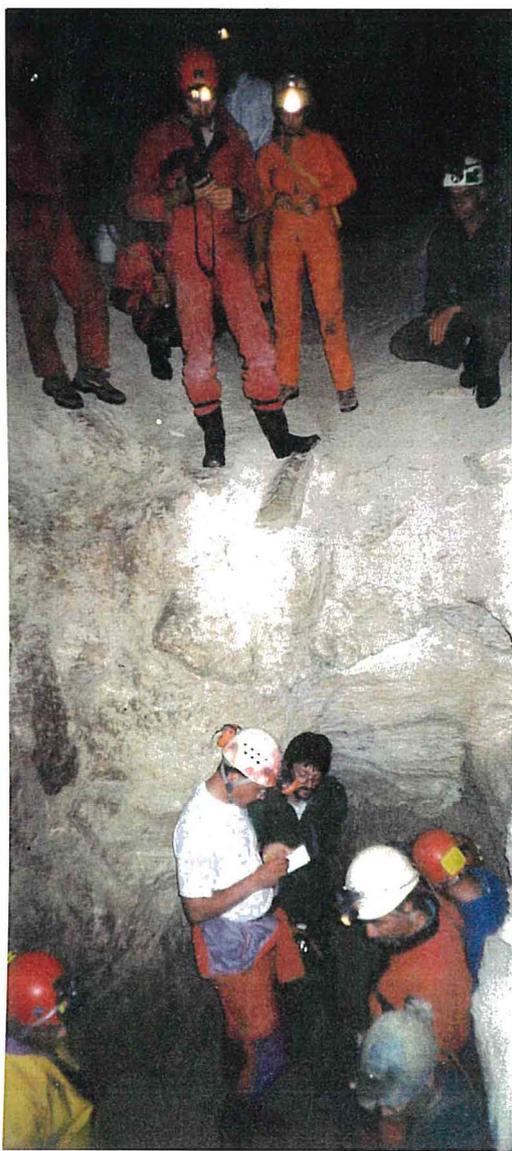
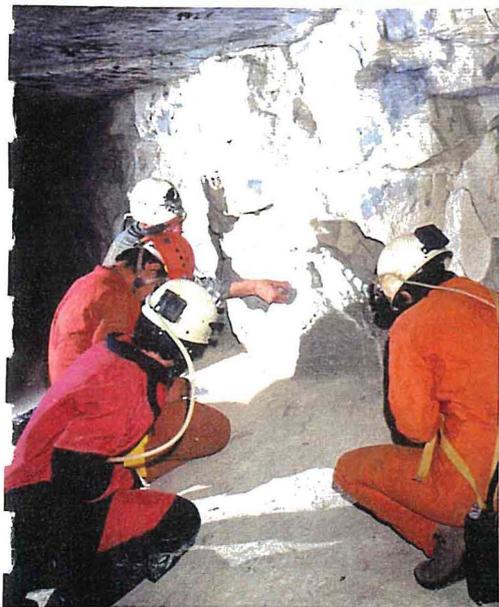
Photos, expériences...

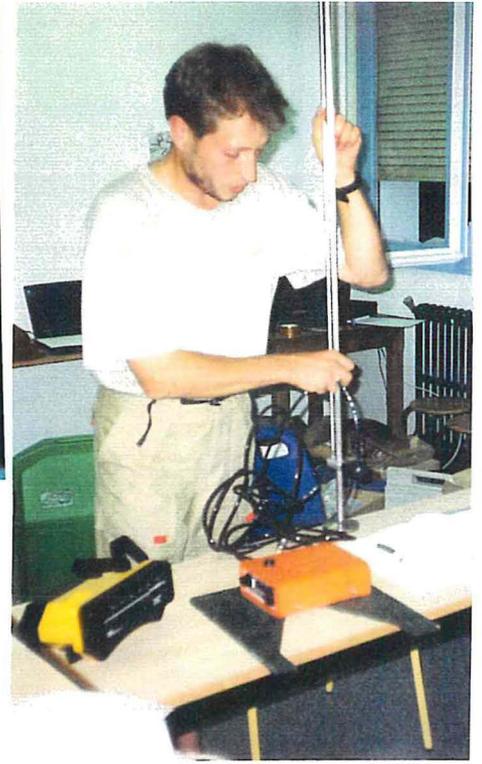
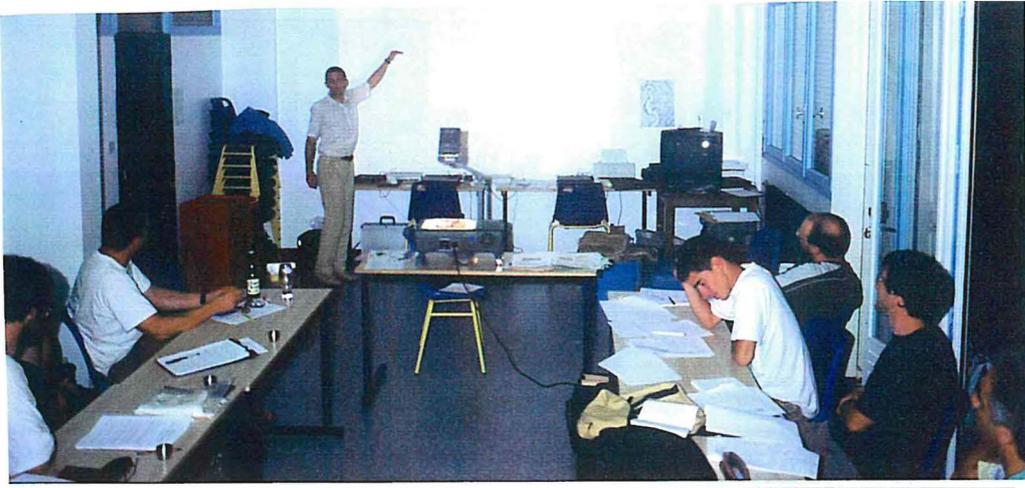




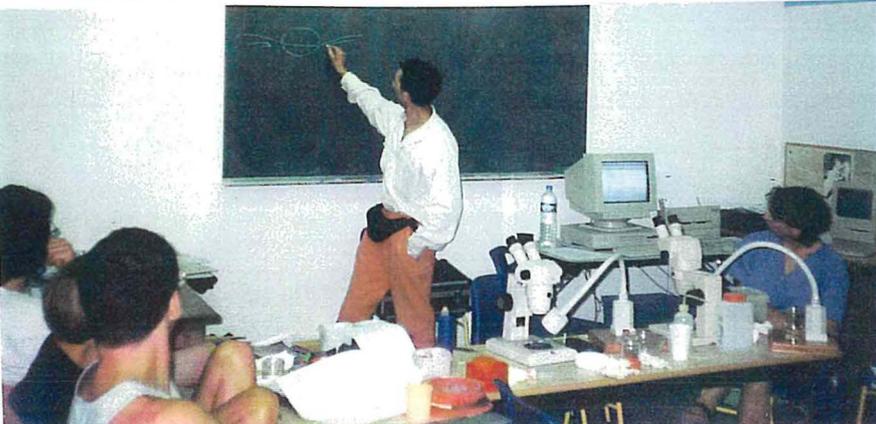
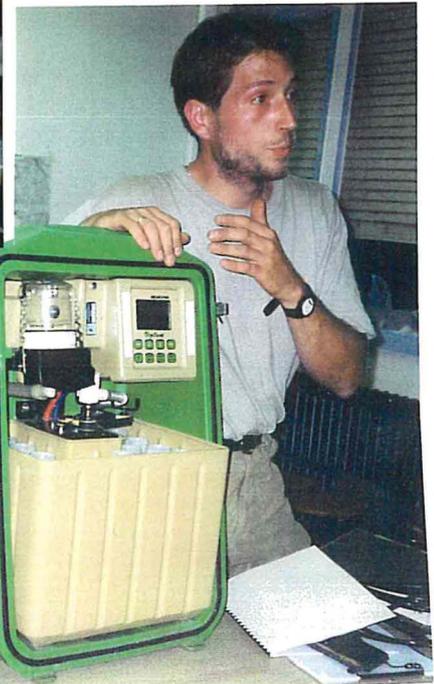


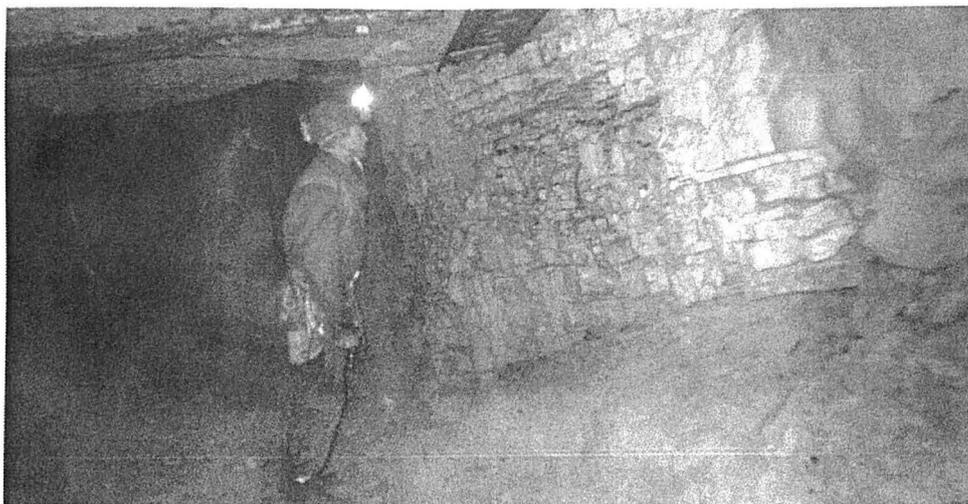
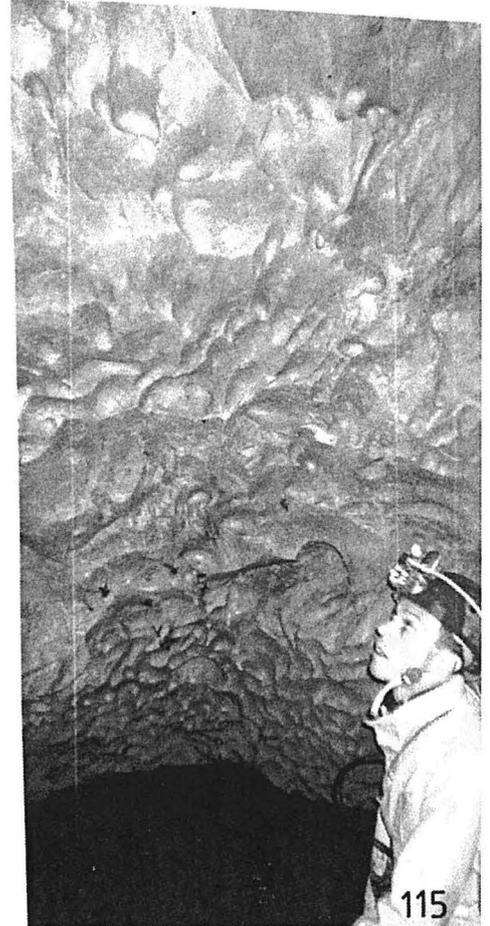
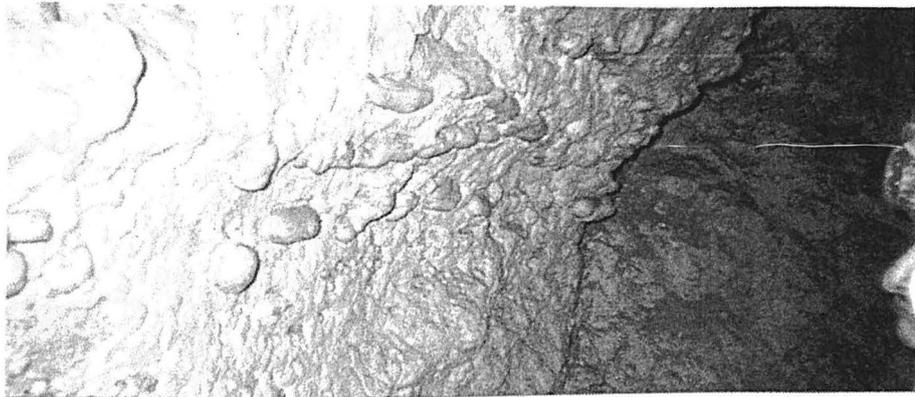
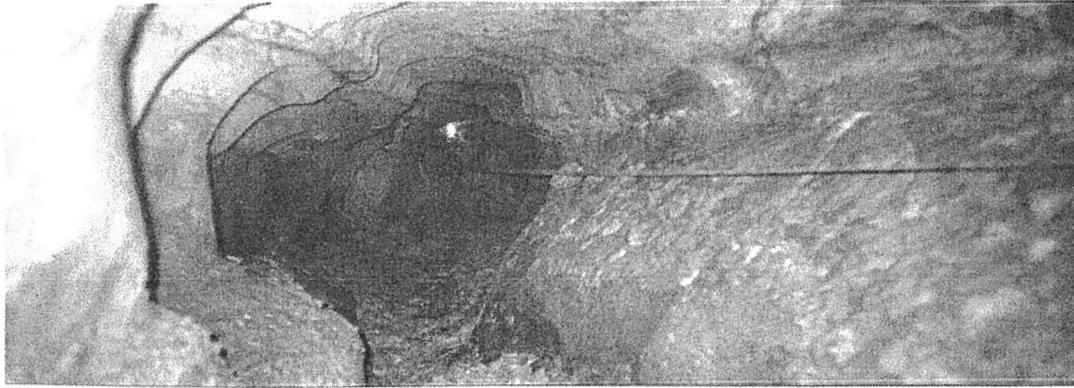
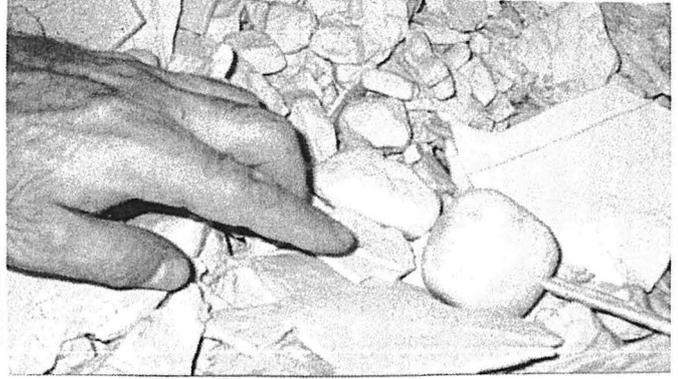
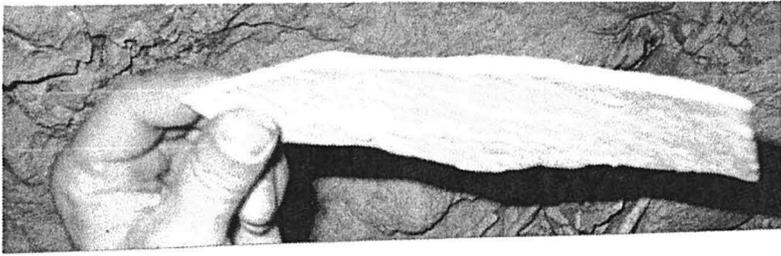
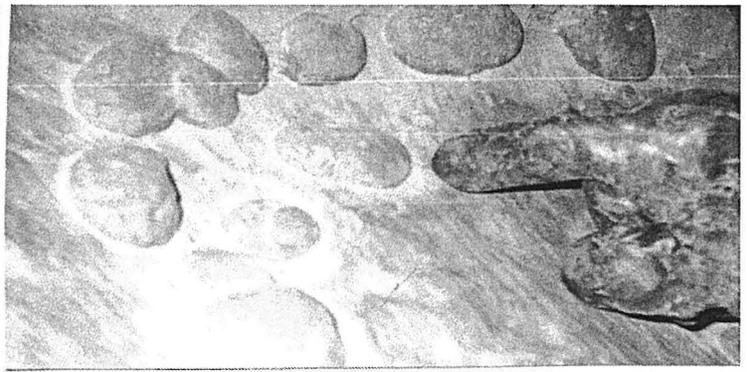
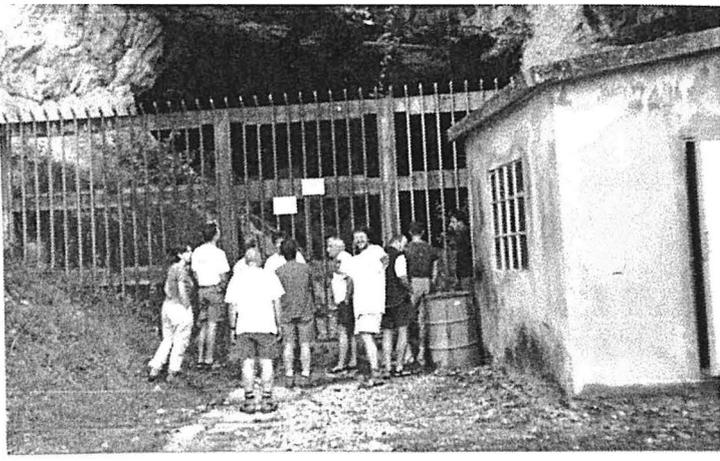
113





114





EXPERIENCE DE COLORATION A LA FLUORESCEINE D'UNE MASSE D'EAU SERVANT A LA BAIGNADE

(coloration et non traçage, pour une fois,
puisque'il ne s'agit pas de connaître la propagation d'un flux !)

par Alain COUTURAUD

Protocole :

Estimation de la masse d'eau : $V = 70 \text{ m}^3$

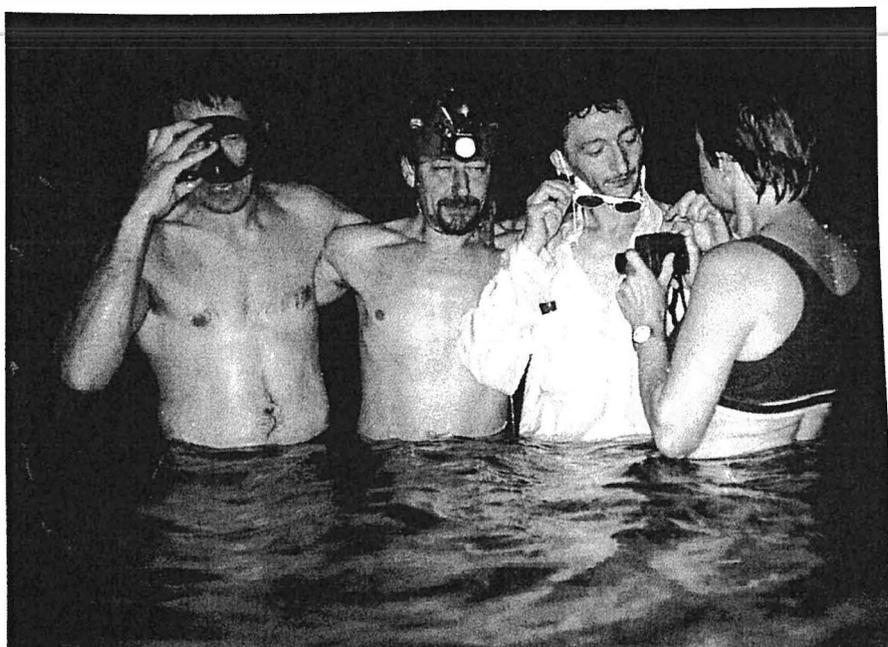
La coloration était visible à l'œil soit une concentration C supérieure à 10^{-7} kg/l pour la fluorescéine

Estimation de la masse de colorant : $M = V.C = 70.10^3 \times 10^{-7} = 7.10^{-3} \text{ kg}$, soit 7 g minimum

Le lendemain matin, la coloration avait disparu.

Conclusions :

- le chlore est un agent très actif de destruction des colorants
- de plus, au vu de cette disparition soudaine de coloration, on peut penser à une filtration sur charbon actif, qui est très efficace, en retenant les particules de colorant, d'où son emploi dans les fluocapteurs.



Destinataires du rapport :

Stagiaires	12
Encadrement et Intervenants	11
C.D.S 39 Jura	1
CSR Franche-Comté	1
Base de Loisirs de Bellecin	1
Mairie de Cernon	1
EDF Barrage de Vouglans	1
Jeunesse et Sports (DDJS) Jura	1
Jeunesse et Sports (DRJS) Franche-Comté	1
Jeunesse et Sports (DRJS) Midi-Pyrénées	1
DIREN Franche-Comté (J.P Mettetal)	1
Université de Besançon (J. Mudry)	1
E.F.S (Pôle de Lyon)	2
Responsable formations scientifiques (S. Jaillet)	1
Co. Scientifique (S. Jaillet)	1
Co. Environnement (C. Tschester)	1
Conservatoire milieu souterrain (D. Delanghe)	1
Bibliothèque fédérale (Pôle de Lyon)	2
Union Internationale de Spéléologie	1
Union Belge de Spéléo	1
Ecole belge de Spéléo	1
Fédération Flamande de Spéléologie	2
Bibliothèque suisse (SSS)	1
A.F.K (Ph. Audra)	1
Karstologia (J.J. Delannoy, R. Maire, J.N. Salomon)	3
Spélunca (Ph. Drouin)	1
Bureau fédéral	6
D.T.N	1
Responsable formation moniteur (N. Clément)	1
Complément pour vente ultérieure :	40
TOTAL :	100

Le présent rapport a été réalisé sur le duplicopieur de la Fédération Française de Spéléologie par Monique ROUCHON et financé intégralement par la commission scientifique fédérale.

Les photos des planches précédentes sont de :
Didier CAILHOL, Gérard CAZES, Alain COUTURAUD, Jean Luc FRONT et Stéphane JAILLET.

○ ○ ○

