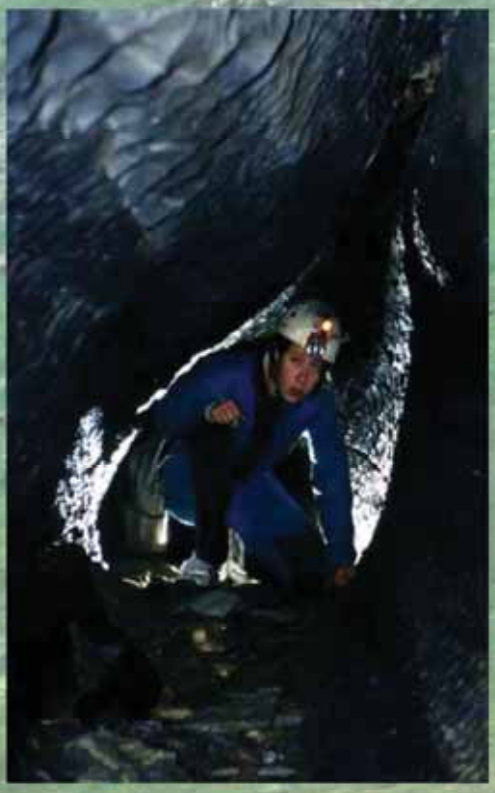
ELGENE AV HULENE (2002)

et

ENSOM ELGEN 2004

Expéditions spéléologiques en Norvège



Année 2005

Groupe Spéléologique Scientifique et Sportif - AOL Périgueux

Expéditions parrainées par la Fédération Française de Spéléologie

ELGENE AV HULENE
(Août 2002)

et

ENSOM ELGEN 2004
(Août 2004)

Catherine Noiriel
Xavier Noguès

Groupe Spéléologique Scientifique et Sportif
AOL Périgueux

Expéditions parrainées par la
Fédération Française de Spéléologie

réalisées avec le soutien chaleureux des membres de la
Norsk Grotteforbund

Publication : 2005

Sommaire

Introduction 2

Ensom Elgen 2004 : carnet de route et notes sur la faune rencontrée 5

Expédition Elgene av hulene (2002) Compte-rendu journalier 11

Budget 13

Partie "SPELEOlogie"

Nouvel inventaire des grottes et autres phénomènes karstiques de Sagelva 14

Kvernmogrotta (South Troms) 36

The Laeigasvatn sink 38

Karstic phenomenons in the Linnajavri area (Nordland) 45

Destinations subsidiaires et perspectives 50

Partie "speleoLOGIE"

L'influence du froid sur les facteurs physico-chimiques de la karstification 55

Le rôle du froid dans le développement des cavités en Norvège septentrionale 60

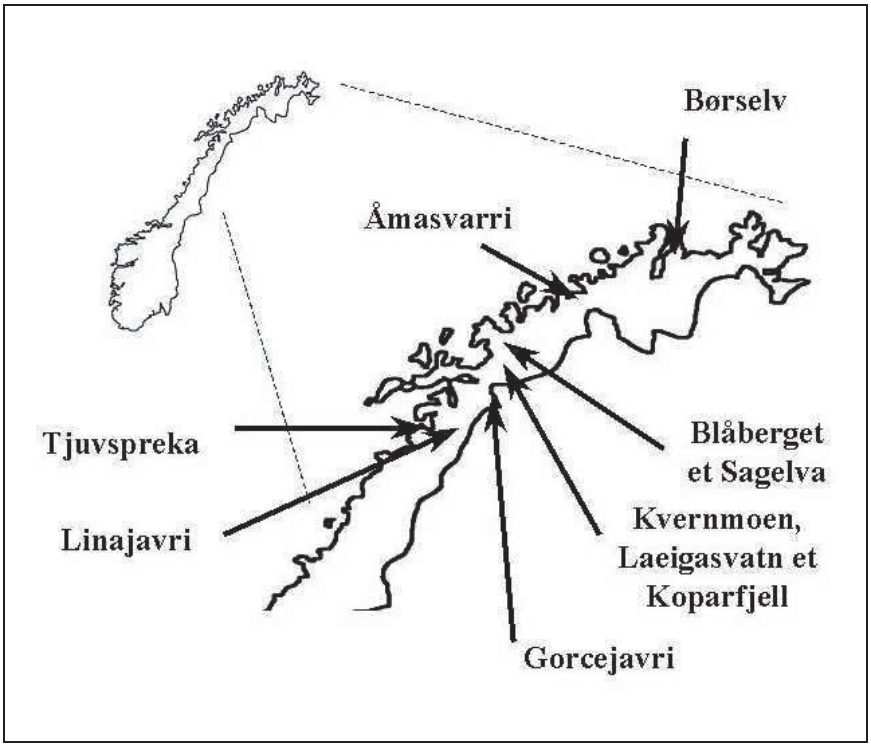
Concrétions dans les marbres en Norvège Arctique 64

Formes d'érosion superficielle dans la région karstique de Sagelva (Troms, Norvège) : note préliminaire 71

Photos de couverture : Fond : Résurgence de Stordalsgrotta. Gauche : mûre arctique (Rubus chamaemorus, ou möltebaër). Droite : Bildekk grotta.

Introduction

Ce rapport regroupe les résultats des expéditions "Elgene av Hulene" (en 2002) et "Ensom Elgen 2004". Ces deux expéditions, qui se sont déroulées dans le Nord de la Norvège, faisaient suite à "Ensom Elgen" en 2000. Comme en témoigne la qualité croissante de la revue fédérale "Norsk Grotteblad", la spéléologie se développe progressivement et sûrement chez nos sympathiques collègues Norvégiens. Peu de spéléos français se rendent en Scandinavie, ceux-ci semblent préférer des régions plus chaudes, plus ensoleillées et aux potentiels d'explorations plus importants. C'est dommage car la spéléo dite "polaire" dans un climat qui ne l'est pas toujours représente une expérience enrichissante pour sa culture spéléologique. Aussi, plutôt que de rendre compte de nos résultats dans un rapport d'expédition qui aurait eu du mal à sortir de nos frontières, voir de notre club, et donc d'atteindre son objectif réel qui est de communiquer des résultats aux personnes intéressées, nous avons préféré publier progressivement dans des revues telles que "Norsk Grotteblad" pour les aspects essentiellement spéléologiques, ou les "Actes des Rencontres d'Octobre" (Spéléo-club de Paris) pour les aspects plus scientifiques. Le présent rapport est donc constitué pour l'essentiel par des copies de ces articles.



Carte de localisation des secteurs prospectés

Sur le plan spéléologique, les travaux se sont déroulés sur les secteurs suivants, du Nord au Sud :

Région	Nb de cavités n^{elles}	Topo	Observations particulières
Børselv (Finnmark)	0	0	Karsts dolomitiques
Åmasvarri (Troms)	0	0	
Blåberget (Troms)	1	8 m	
Sagelva (Troms)	25	673 m	Blocs erratiques sur piédestaux
Kvernmoen (Troms)	1	120 m	
Laeigasvatn (Nordland)	1	145 m	
Kopparfjell (Nordland)	3	13 m	
Gorcejavri (Nordland)	3	48 m	
Linnajavri (Nordland)	1	15 m	Formes d'origine "hydro-éolienne"
Tjuvspreka (Nordland)	Topo à l'occasion de l'AG de la "Norsk Grotteforbund" en compagnie de spéléos suédois et polonais (environ 130 m)		

En résumé, les principaux apports de ces deux expéditions ont été :

- le travail de synthèse effectué sur Sagelva, site dont l'intérêt pour la karstologie polaire a été révélé par Corbel,
- les prospections de petits karsts tels que Linnajavri, Gorcejavri, Blåberget ainsi que la région ouest de Kopparfjell qui n'avaient été prospectée que partiellement,
- les observations de formations karstiques intéressantes telles que les "champignons" (blocs erratiques de micaschiste montés sur piédestaux de marbre.

Ces deux expéditions nous ont également permis de mieux faire connaissance avec nos collègues spéléos scandinaves, aussi organisés qu'efficaces... et de refaire connaissance avec la corde de 10,5.

Pour notre part, les "équipes" étaient constituées de :

Catherine Noiriel (géologue hydrochimiste doctorante, 6 ans de pratique spéléo, 2 expéditions au Laos) et Xavier Noguès (neurobiologiste, 20 ans de pratique spéléo, 8 expéditions) pour Elgene av Hulene 2002, et de ce dernier pour Ensom Elgen 2004.

Dernière minute : deux semaines avant la date de remise du rapport, nous étions victimes d'un cambriolage (nous privant notamment de tout matériel informatique, des dernières versions de fichiers, des versions numérisées des diapos...). Nous avons du réapprendre les méthodes traditionnelles (découpage, collage, photocopiage, blancotage...). C'est cet événement qui explique la disparition des photos couleurs et l'hétérogénéité des légendes de topos, notamment dans l'inventaire des phénomènes karstiques et spéléologique à Sagelva. Cette version est donc envoyée à la CREI et nous attendrons de nous être rééquipés pour diffuser une version plus agréable à lire, notamment à la bibliothèque fédérale.

Noguès X, Noiriel C. Comptes-rendus journaliers.

Ensom Elgen 2004 : carnet de route

et notes sur la faune rencontrée

Mercredi 28 juillet. Montpellier - Ramecourt (Vosges); 692 km.

29/07/04. Ramecourt - Nørre Aby (entre Kolding et Odense; Danemark); 1111 km.

30/07/04. Nørre Aby - Hamrånge (140 km au Nord d'Uppsala; Suède); 1312 km. Un seul nuage rencontré: au dessus de Stockholm; il m'a lâché une bruine polluée.

31/07/04. Hamrånge - Ov Soppero (Suède, près de la frontière Finlandaise); 1010 km. Les radars puis les rennes pullulent sur les routes, les moustiques aux aires de repos. Passage du cercle polaire avec la canicule.

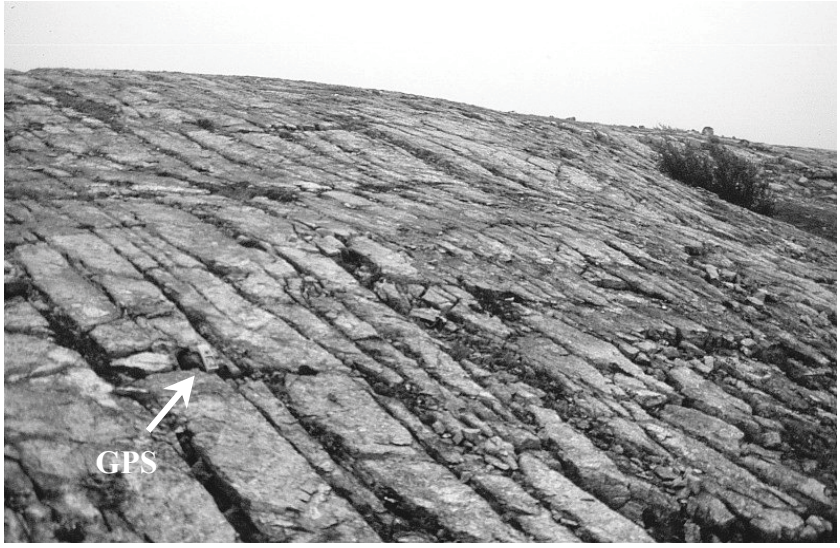
Dimanche 1er août. Grasse matinée (départ à 6h30). Entrée en zone euro à 8 heures après quelques pauses photo dans les marais. Enontekio (Finlande), petit village d'ethnie Sámi. Douceur de la vie, lumière polaire (blanc pastel) mais très chaud. Les gens vont à l'office religieux à vélo... sans antivol !

Passage à Kautokeino (Norvège). Village également Sámi, visiblement axé sur l'agriculture. Arrêt à 60 km avant Alta. Ici, le soleil se couche à 22h49 et se lève à 2h14; on perd 14 mn de soleil par jour mais il ne fait jamais nuit. J'ai préféré retarder l'arrivée à Alta : les librairies où l'on trouve les cartes au 50000e n'auraient pas été ouvertes un dimanche. 304 km.

2/08/04. Alta. Joli bourg très aéré et paisible. Courses. Passage à 60 km du Cap Nord pour aller à Lakselv. Repérage de la bande de marbre à l'Ouest du fjord : épaisse couverture végétale, la bande est sur la limite avec le parc naturel. Repérage de la bande sur la côte Est du fjord. Photos à la tombée du brouillard. Retour à l'aire de Furu, à 3 km de Børselv, la commune la plus septentrionale à posséder des pins.

3/08/04. 5 heures de prospection à Pikkasokka. Pas de trous; quelques micro-lapiès intéressants... et puis le sol est jonché de myrtilles. Je lève un groupe de "lagopèdes des saules". Ces

"poules" vivent seules ou en groupes réunissant jusqu'à 8 - 10 individus. Leur corps est roux et leurs ailes blanches. Elles décollent lourdement avec un battement d'ailes rapide pour aller se poser un peu plus loin. Repérage vers Juovvavári plus au Nord. 15 km vers le Nord font gagner 8 mn de soleil. Présence de lagopèdes des saules. Toujours la canicule, sauf au moment de l'arrivée du brouillard vers 17 ou 18 heures.



Lapiaz de gélifraction dans les marbres dolomitiques près de Børselv. En bas à gauche, le GPS donne l'échelle.

4/08/04. Prospection sur Vieksanjunni puis vers le canyon. Passage à Lakselv (45 km) pour acheter de l'eau; la combinaison marais plus canicule ne m'incite pas à boire l'eau des ruisseaux qui drainent tous un marécage.
A 17 h, incursion sur le cap près de Borselv mais le brouillard arrive déjà.

5/08/04. Fin de la prospection du cap mais dans le brouillard. Départ pour Karasjok, capitale culturelle de l'ethnie Sámi. Visite du musée historique et ethnologique. Départ vers Alta par la route de Kautokeino. Le temps semble changer, la canicule n'a durée que deux heures aujourd'hui. Arrêt à la même aire que le 1er août… mais on a perdu 52 mn de soleil. Pour le moment ce n'est pas grave, il ne fera probablement pas nuit, mais quelle sera la température la nuit sur Kvernmoen ?

6/08/04. Alta : Visite du muséum. Photos des gravures sur les rochers (-9000 -1500), discussion avec les guichetiers compétents et passionnés. 3 heures de visite. Etant donnée l'absence de trous et le beau temps permanent, je suis en avance sur le planning. Je décide de prospecter les petits karsts au sud de Tromsø. Départ pour la région de Tromsø. Arrêt aux stands de souvenirs tenus par les Sámi pour tenter d'obtenir plus de renseignements sur les cultures passées. Hélas, nos paysans du Périgord sont beaucoup plus cultivés sur les hommes préhistoriques que les Sámis sur leurs ancêtres d'il y a 300 ans. La culture Sámi semble maintenant se résumer à la vente de souvenirs, au folklore et aux nombreux musées.
Sur la route un violent orage éclate. De peur que le temps ne change réellement, je décide d'annuler Tromsø et la recherche des deux trous de Tamokdalen et Takvatnet. Je pars directement sur Sagelva.

7/08/04. Nuages, brouillard. Remontée du canyon jusqu'à la perte supérieure qui n'absorbe pas la totalité. Repérage des trous en amont du pont, de la perte de Botnelva. Recherche des pertes rive gauche en aval du pont; trois sont trouvées. Je me perd dans les bouleaux et reviens au GPS, le brouillard masque tout. Retour à la voiture; la perte supérieure absorbe tout.

Dimanche 8 août. Nuages, brouillard, bruine. Matin : repérage au GPS des phénomènes en amont du pont. Observation du jaseur boréal en parade nuptiale, bel oiseau de 15-20 cm qui se nourrit ici de myrtilles et groseilles. Malgré son plumage brun roux et son vol peu original, il est facilement reconnaissable à son masque et au dessous de son bec qui sont noirs ainsi qu'à sa huppe lorsqu'il est perché, et au liseret jaune vif qui borde l'extrémité de sa queue lorsqu'il est en vol. Début de topo du canyon. Arrêt de la topo à cause de la pluie. Après midi : visite de l'ancienne vallée de Sagelva (selon Corbel). Cette vallée ne semble pas karstique; elle est difficilement prospectable vu l'intensité de la végétation. Sur le retour, dégustation de "mölte baer" (aussi appelée mûre de lapons, muron ou framboise jaune) Vérification des coordonnées GPS de cavités topographiées deux ans plus tôt. Nuit sur le parking de l'île d'Andörja. Observation d'une baleine qui remonte dans le fjord et de Sternes arctiques et S. Pierre-Garins mellés aux mouettes et goélans. Les Sternes sont facilement reconnaissables à leur queue fourchue très fine et les deux espèces rencontrées à leurs corps blanc, leurs ailes grises et le haut de leur tête noir.

9/08/04. Brouillard, pluie. Fin de la topo du canyon et accès à la perte supérieure par une petite désescalade rive gauche, 20 m en aval.

10/08/04. Tentative de prospection sur le massif de Blåberget. 6h30 de prospection "Brownienne" dans le brouillard et sous la pluie ("prospection Brownienne" : la trajectoire du prospecteur est totalement aléatoire; il croit aller tout droit mais s'aperçoit qu'il est déjà passé par là). Une seule petite cavité découverte : pendant les 10 mn ou le brouillard s'est dissipé ! Nuit à Bjerkvik; observation d'un Albatros à sourcils noirs sur le fjord. Le vol de cet oiseau est très caractéristique : même plan de vol que le canard, près de l'eau, mais avec des battements d'ailes beaucoup plus calmes.

11/08/04. Læigasvatn. Départ 11h, à la levée du brouillard, retour 19h30. Le temps s'est amélioré peu de pluie, la marche a lieu sans brouillard. La piste marquée sur la carte n'existe plus, il n'y a même pas de sentier, simplement quelques marques DNT (l'équivalent du CAF). La perte du lac n'a pas été surestimée par Corbel, mais contrairement à son affirmation, la navigation n'y semble pas possible (5 à 20 cm de profondeur) sauf si le trou queute sur un lac. Il faut y faire un camp (comme prévu) et par chance, le canot ne semble pas nécessaire.

12/08/04. Bruine, tout est bouché. Narvik. La gravure de l'élan n'est pas accessible cette année. Départ à Sagelva pour Lutgrotta. Sagelva est en crue. Arrivé à Sagelva, il y a un rayon de soleil. J'en profite pour photographier le canyon au Minolta (le compact) car ça prendra moins de temps qu'au réflexe. Ca se recouvre lorsque j'arrive en haut, je n'ai pas le temps de faire les photos au Pentax (le réflexe). Je dessine les marmites à fond convexe. Plus que quatre jours d'avance sur le planning. Je teste les propriétés anti-dépressives des myrtilles (blå baer) et des groseilles sauvages (tog baer).

13/08/04. Météo pourrie : pluie mais pas de brouillard. Une incursion sur le plateau de Sagelva est décidée. Le démarrage de la voiture est de plus en plus difficile le matin. La pluie devient torrentielle. Je passe à Sjovegan pour montrer la batterie. On me demande de repasser mais la batterie ne sera finalement pas examinée aujourd'hui. Entre deux visites

chez le garagiste, je visite quelques trous avec quatre allemands. Je recherche la résurgence à l'origine de l'affluent qui arrive juste en aval de "junction rising".

14/08/04. Météo clémente. Départ sur le plateau de Sagelva. Départ 7 h, retour 21 h. Photo des fissures signalées par Corbel, étude des cannelures repérées en 2002, découverte d'une zone de champignons (piédestaux de marbres protégés par blocs erratiques de granit) renversés. Photos et mesures des champignons de 2002 et découverte d'autres champignons à différents endroits. Rencontre de rennes, découverte de petits puits et de petits trous.

Dimanche 15 août. Départ pour trouver Takvatnet grotta, guidé par le GPS. Les 5 km à parcourir me prennent près de trois heures. Ne possédant que la carte géologique, je n'avais pas prévu le dénivelé de 450 m et la nécessité de contourner les barrières rocheuses. Soleil, grêle. Je rencontre deux montagnards étonnés de me voir ici "en touriste". Malgré l'essai de plusieurs systèmes géodésiques, je ne trouve pas le trou. Je suis sur un plateau de marbre mais ce trou ne peut pas s'y situer étant donné la description de l'entrée : 4 x 7 m. Svein me fera constater par la suite que les coordonnées GPS ne correspondent pas du tout avec un des quadrillages de la carte; c'est précisément celui-ci qui avait été utilisé pour localiser la cavité.

16/08/04. Narvik. Je tombe sur un garagiste honnête qui constate le décès de la batterie qui ne tient plus la charge… mais qui me suggère de continuer à me garer en pente et à démarrer la voiture en la poussant car les batteries norvégiennes sont plus chères que les batteries françaises. Je la fais quand même changer. Il fait beau mais froid, comme en février chez nous. J'en profite pour faire les photos au réflexe dans le canyon de Sagelva. Photos des marmites à fond convexe.

17/08/04. Beau temps. Le démarrage est plus facile mais pas parfait. Incursion sur le plateau de Sagelva de 9h30 à 21h30. Découverte de petits puits au Sud. En revenant, j'ai droit à un concert improvisé par un pluvier doré. Lors de la première expédition, j'avais baptisé cet oiseau "l'oiseau qui s'ennuie" car si l'on s'en éloigne, il a tendance à nous suivre pendant un moment. Par ailleurs, son cri est plaintif (cri d'alerte) et c'est le seul son de la toundra avec celui du vent et celui des torrents. Lorsque l'on reste sus place ou qu'on lui tourne autour, son appel est régulier. Si l'on s'en approche ou qu'on s'en éloigne, il s'accélère et devient plus fort. Ainsi, avec un peu d'habitude, il devient facile de le localiser et de l'approcher. Cet oiseau de 25 - 30 cm est caractéristique de la toundra et semble même emblématique à en juger par les cartes postales. Quand on peut l'approcher, on peut voir son plumage doré sur le dos, sa face son plastron et son ventre noirs et le fin liseret blanc qui sépare le noir du doré. Avant de redescendre, je repasse photographier les champignons de 2002 avec la lueur du crépuscule simplement pour le plaisir.

18/08/04. Visite de 300 à 400 m dans Lutgrotta. Je note la présence de mondmilch sur certaines parois, de dépots de calcite en forme de micro-gours sur d'autres, et de quelques petites concrétions. Nouvelle visite à Store Sagelva. Explo et topo du trou rive droite avant le canyon du jordbru (laminoir très large à deux entrées) mentionné par Willy Wøllo. Mesure du bloc de granit situé dans le cours de la rivière juste en amont du pont. Selon Catherine, ce gros galet est un indice pour savoir si le creusement de la vallée est post- ou anté-glaciaire car il n'a pas pu passer le canyon transporté par l'eau. Le granit est de toute façon ici d'apport morainique.

19/08/04. Visite du site de gravures près de Brettli (Ballsfjorden, Troms). Ne trouvant pas le site, je demande à un gamin qui m'envoie… exactement à l'opposé, sur la plage alors qu'il y aurait dû y avoir une élévation du sol depuis qu'elles ont été faites. Après la visite du

(vrai) site, recherche infructueuse de Svensligrottene, un trou indiqué par les montagnards sur Austre Åmasvarri. Repérage de l'accès à Altevatnet.

20/08/04. Toujours plus de problèmes pour démarrer. Aller à Bjerkvik pour les courses en vue du camp mais la pluie est trop forte pour décoller. Retour à Sagelva; photo des concrétions du trou topographié le 18. La perte supérieure réabsorbe tout : la décrue a durée 8 jours alors qu'une à deux journées de pluie ont mis la rivière en charge. Topo de la dernière résurge et des rigoles à cupules au dessus de Bildekk Grotta.

"Corbel Beach Camp" près du lac Læigasvatn

21/08/04. Le temps n'est pas génial mais il faut aller à Læigasvatn. Départ à 10h30; arrivée à "Corbel Beach" à 14h30 mais j'ai quand même été retardé par les myrtilles et les mölte baer. Le camp est monté (Corbel Beach Camp). Topo du trou… Corbel a en fait inventé et n'y est apparemment pas entré du tout ! Ré-entrée dans le trou pour la photo. Arrêt à 19h. Il y a trop de brouillard pour monter sur le plateau.

Dimanche 22 août. Pluie et brouillard. Après une nuit de réflexion, retour dans le trou pour savoir si le sol est en marbre ou en micaschiste; c'est bien du micaschiste. Approche du puits par la fissure latérale. Descente dans le puits de… 2 m. Retour au camp puis retour au trou pour photographier la salle finale. Tentative de montée sur le plateau, mais il y a trop de brouillard. Je m'arrête pour enregistrer le Heilo (le Pluvier doré). Le camp est plié; retour en 3 heures. La voiture ne démarre plus malgré la batterie qui a tenue la charge. Nuit sur le parking.

23/08/04. Départ en stop de Øse. La nuit a été froide. A la troisième voiture, je suis pris par un francophile reconnaissant au chasseur alpin pour leur débarquement en 45. Ancien chasseur, devenu amoureux de la nature. On discute de la faune. Après une excursion sur camion "Viking", la réparation prend la matinée; la facture est à la hauteur... mais ça marche. Narvik : le musée ferme dans 10 mn. Courses, ballade au port de plaisance pour tenter de voir un Nordlander, sorte de drakkar ponté. Nuit sur le parking de Kopparfjell.

24/08/04. Narvik : visite du musée et discussion avec le conservateur au sujet des sites de sacrifice Sámi. Il m'envoie voir les archéologues en train de restaurer l'élan gravé de Narvik. Ils sont intéressés par la découverte potentielle, mais réservés et pas très coopératifs. Départ pour Mo. Rencontre de deux motards français. Visite de deux sites de gravures sur le retour. Arrêt en direction de Beiardalen.

25/08/04. Cercle polaire. Arrêt chez Svein; accueil chaleureux de sa famille. Départ vers Stockholm. Arrêt à 310 km de Mo après Storuman (Suède). Il est 22h30, alors que je rédige ces lignes sur le volant, deux yeux me regardent devant la voiture… c'est une chouette que je ne connais pas… une chouette Harfang typique de la Scandinavie.

26/08/04. Départ à 6 h. Traversée de forêts et de lacs dans le brouillard. Arrêt à 22h à Mjöbly, à 92 km de Jonköping.

27/08/04. Je n'ai pas eu froid cette nuit… les vacances sont finies. Départ 7 h. Halte à Malmö pour finir les couronnes suédoises. Passage des deux ponts pour arriver au Danemark. Pluie, brouillard, ralentissements, accidents au Danemark, en Allemagne. Après Hamburg c'est l'embouteillage sur l'autoroute. Ca n'avance pas; je m'arrête à la première aire de repos pour passer la nuit.

28/08/04. Départ à 4h30. Ca circule déjà intensivement. Passage à Gröningen, arrêt avant la sortie de Hollande pour acheter du pain d'épices. Arrêt 1 heure pour faire la sieste. Passage de Paris en ¾ d'heure. Nuit sur une aire d'autoroute avant Châteauroux (22h30).

Dimanche 29 août. Les 350 derniers kilomètres sont parcourus dans la matinée pour arriver à Razac (Dordogne).

Expédition Elgene av Hulene (2002)
Compte-rendu journalier

Jeudi 18 juillet 2002. Départ de Bordeaux.

Dimanche 21 juillet. Départ de Kiel (Allemagne) en ferry.

22/07/02. Oslo - Nord Trondelag.

23/07/02. Arrivée à Mo. Rencontre de Svein Grunstrøm. Nuit au départ de Linájávri.

24/07/02. Aller à Linájávri; on monte le camp. Prospection sur la zone de marbre au nord de la région prospectée en 2000. Explo et topo d'une perte.

25/07/02. Prospection de Kallakvare (à la frontière suédoise). Découverte des formations hydro-éoliennes.

26/07/02. Retour de Linájávri. Trajet jusqu'à Bonnå et assemblée générale de la NGF.

27/07/02. Réveil en musique avec Harry Bjerkly. Réunion d'organisation pour la topo. Topo à Čoarvekkraigi près de l'entrée Tjuvsprekka, un petit puits de 40 m dont le départ se fait sur névé, qui passe par une étroiture, continue sous une petite cascade… qui termine sa chute sur un glaçon d'un mètre cube !

Dimanche 28 juillet. Bonnå Bjerkvik.

29/07/02. Visite chez le médecin à Narvik pour tendinite. Achat de cartes. Arrivée à Sagelva.

30/07/02. Moulages de coups de gouges. Topo dans Lutgrotta et Lille Versailles.

31/07/02. Topo de Bildekk grotta. Photo de marmites. Camp près de Sitasjaure.

1/08/02. Prospection d'une zone de marbre au sud (Kjørisvatnet.). Camp entre Sitasjaure et Gorce Javri.

2/08/02. Prospection à Gorce Javri. Découverte et topo de trois trous de quelques mètres de développement.

3/08/02. Retour à la voiture et départ vers les Lofoten.

Dimanche 4 août. Retour des Lofoten. Attente 2 h sur la route à cause d'un accident.

5/08/02. Montée à Kopparfjell, on monte le camp. Prospection dans la zone du camp et jusqu'au nord du plateau. Une seule cavité de quelques mètres.

6/08/02. Prospection jusqu'au polje. Une petite cavité trouvée sur le chemin : la résurgence d'une perte située 30 m en amont. Repérage d'une grosse résurgence. Repérage du ponor qui draine le lac dans le polje. L'explo du puits très éboulitique n'est pas continuée.

Caith tente de se mettre dans la peau d'une formation hydroéolienne.

7/08/02. Retour à la voiture et aller à Kiruna (Suède) pour tenter d'obtenir quelques informations sur les relations entre Same et milieu souterrain. Visite au Parlement Same.

8/08/02. Retour en Norvège.

9/08/02. Sagelva. La rivière est sèche. Topo de Tunel Grotta, Lille Versailles et observations dans le canyon.

10/08/02. Prospection et explorations sur le plateau.

Dimanche 11 août. Topo de la grotte de Kvernmoen.

12/08/02. Sagelva : étude et moulages des coups de gouge.

13/08/02. Montée à l'ancienne vallée de Sagelva (selon Corbel). Decouverte et topo d'une petite cavité dans le lit de Sagelva.

14/08/02. Passage le 15 au NGU (l'équivalent norvégien du BRGM) pour acheter des cartes géologiques. Randonnée le 16 dans les montagnes de Dovrefjellet pour observer les bœufs musqués.

15/08/02. Début du retour.

Budget

Toutes les valeurs sont données en Euros

	Elgene av Hulene 2002	Ensom Elgen 2004
Documentation, bibliographie, cartes	195	129
Photo, piles	310	180
Consommables scientifiques	77	
Gasoil	560	773
Entretien réparations véhicule	95	564
Billets ferry	506	
Ponts Danemark/Suède		131
Bacs, péages, Autoroute	195	93
Nourriture	198	120
TOTAL Rappel Ensom Elgen 2000 : 2517 €	2136	1761

La principale remarque suscitée par ce budget est sa baisse constante au cours des trois expéditions. Le budget d'Ensom Elgen 2000 a été sérieusement augmenté par les commandes d'ordre bibliographique, la publication du rapport. En 2002, l'expédition comptait deux membres. Nous commencions à connaître les "plans" économiques (limitation maximale des hébergements payants) mais nous découvrions quelques spécialités culinaires. La troisième expédition aurait pu être économique. La solution Danemark/Suède est plus économique que le ferry et permet d'éviter le (fastidieux) sud de la Norvège.

Question "plans économiques" : aucun frais d'hébergement mais le Gudbrandsdalsost et l'Ekte Geitost gonflent un peu le budget (ces deux choses sont des fromages au caramel, le deuxième étant encore plus typé que le premier... mais nous ne sommes pas dans la rubrique culinaire[1]). Par ailleurs, l'expédition s'est déroulée en "pleine" crise pétrolière (en fait, il ne s'agissait que d'un début...), essentiellement sensible hors Norvège. En effet, si le litre de gasoil passait de 0,75 à 0,90 € en 2 ans en zone euro, il se maintenant à environ 1 € / l en Norvège. Les pannes de voiture ont par ailleurs également contribuées à l'augmentation massive du budget. Notons que les déplacements en Norvège ont été bien optimisés. Une expédition spartiate et bien organisée doit pouvoir se dérouler pour 1000€ pour un véhicule et une centaine d'euros de plus par personne (hors frais de bibliographie et d'équipement personnel).

[1] La CREI demande un rapport financier aux expéditions parrainées. Je persiste à penser qu'un rapport culinaire serait de lecture plus agréable.

Noguès X, Noiriel C. Nouvel inventaire des grottes et autres phénomènes karstiques de Sagelva.

Nouvel inventaire des grottes et autres phénomènes karstiques de Sagelva[2]

Xavier Noguès et Catherine Noiriel

Sagelva, la "rivière couteau" a été remarquée pour les phénomènes karstiques qui la caractérisent, par Corbel durant les années 50[3]. Il s'agit en effet d'une "concentration" de phénomènes tant hypogés qu'épigés et qui représentent très bien ceux que l'on rencontre dans ces régions.

Deux inventaires des cavités souterraines ont déjà été publiés. L'un par Catlin et coll. (1970), qui était probablement exhaustif à l'époque, l'autre par Wøllo (1991), plus partiel, mais qui contient les topographies des deux principales cavités du secteur.

Dans ce nouvel inventaire, nous recensons 80 phénomènes afin de donner une image de la richesse du site. Nous espérons que les coordonnées GPS de chaque phénomène faciliteront les investigations ultérieures en évitant à nos successeurs de perdre leurs précieuses heures d'expéditions au croisement des données bibliographiques, à la recherche des homonymes... Les coordonnées GPS sont en UTM, en système WGS 84, le système utilisé par les cartes Statens Kartverk. La référence de celle sur laquelle est représentée la zone qui nous intéresse est donnée dans la bibliographie.

Nous présentons dans un premier temps le plateau qui domine la vallée sur sa rive gauche (sud) et sur lequel rien n'avait encore été publié excepté quelques remarques par Corbel. Nous descendrons ensuite la rivière, et énumèrerons enfin les phénomènes observés, toujours rive gauche de Sagelva, mais dans sa partie basse.

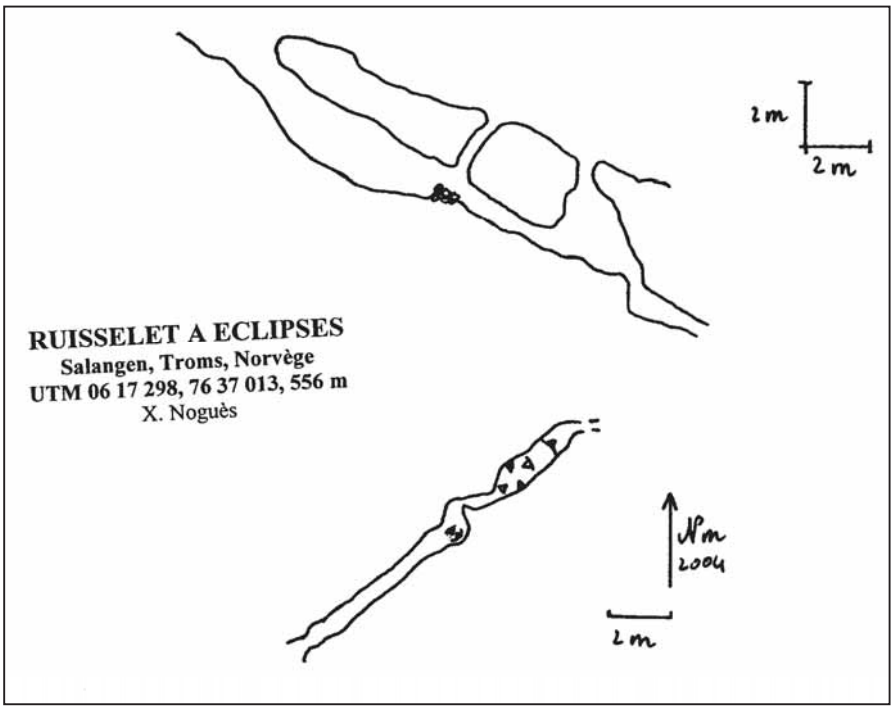
---

[2] Seules les topos inédites sont présentées dans cet article. Nous renvoyons le lecteur aux publications originales pour les autres. En raison du vol de mon ordinateur et de mon scanner, nous n'avons pas pu homogénéiser les légendes des topos. Certaines sont en français, d'autres sont manuscrites, d'autres en anglais. "a.s.l." sur les topos en anglais signifie "above sea level"... ou altitude.

[3] Afin de faciliter la lecture de cet inventaire, les références à Corbel concerneront systématiquement "Corbel (1957), et les noms anglais cités dans le texte ou les tableaux sont attribuables à Catlin et al. (1970).

Le plateau

Si l'on arrive par Baklia, on trouve d'abord un **petit cours à éclipses** (n°1; cf. topo), pénétrable sur une dizaine de mètres.



Petit cours à éclipses (n°1)

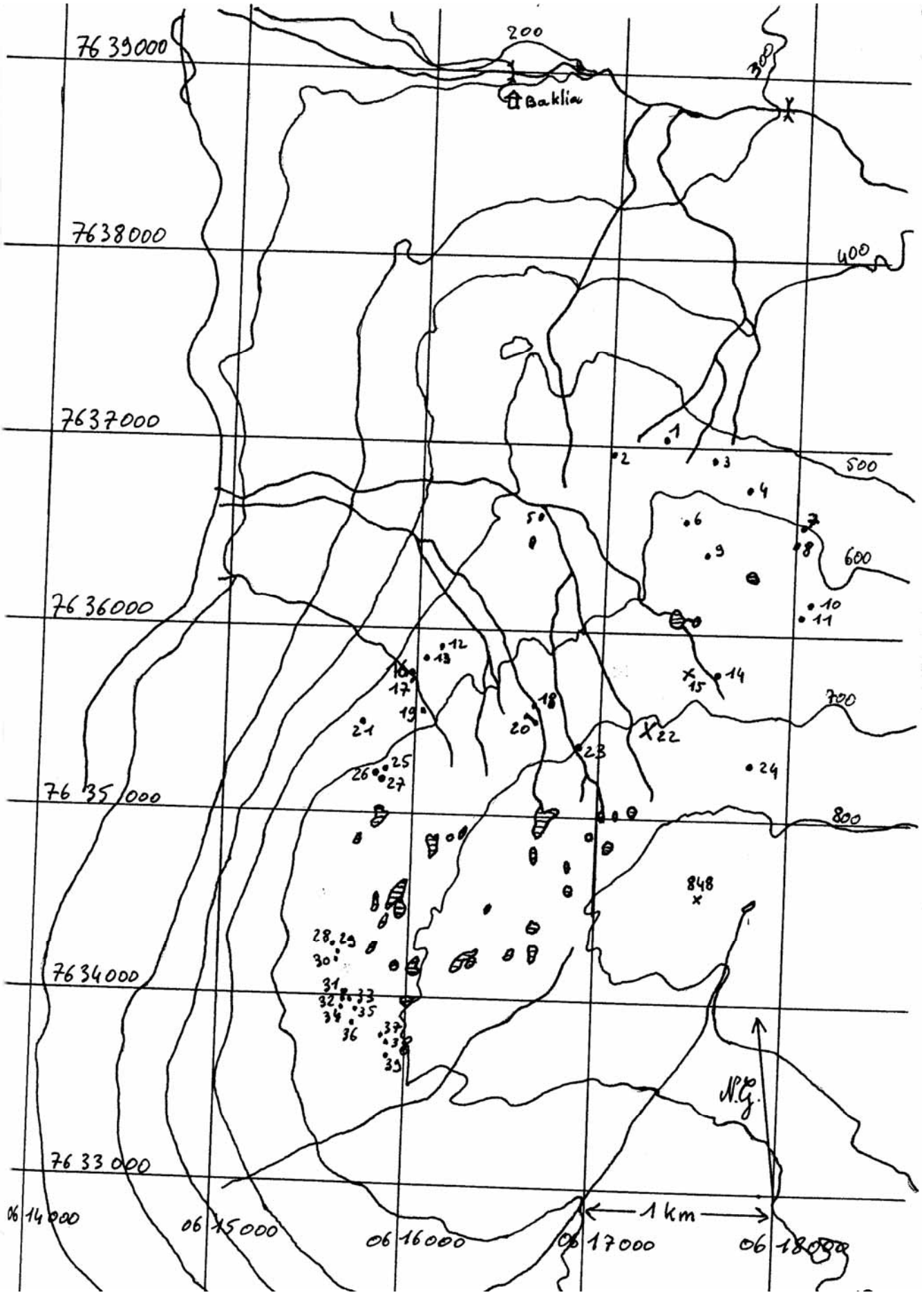
On rencontre également à plusieurs endroits dans ce secteur, les "**fissures bouchées**" qui sont décrites par Corbel (n°3, mais aussi au nord du cours d'eau à éclipses précédent), ainsi que **deux champignons[4] renversés** (n°2).

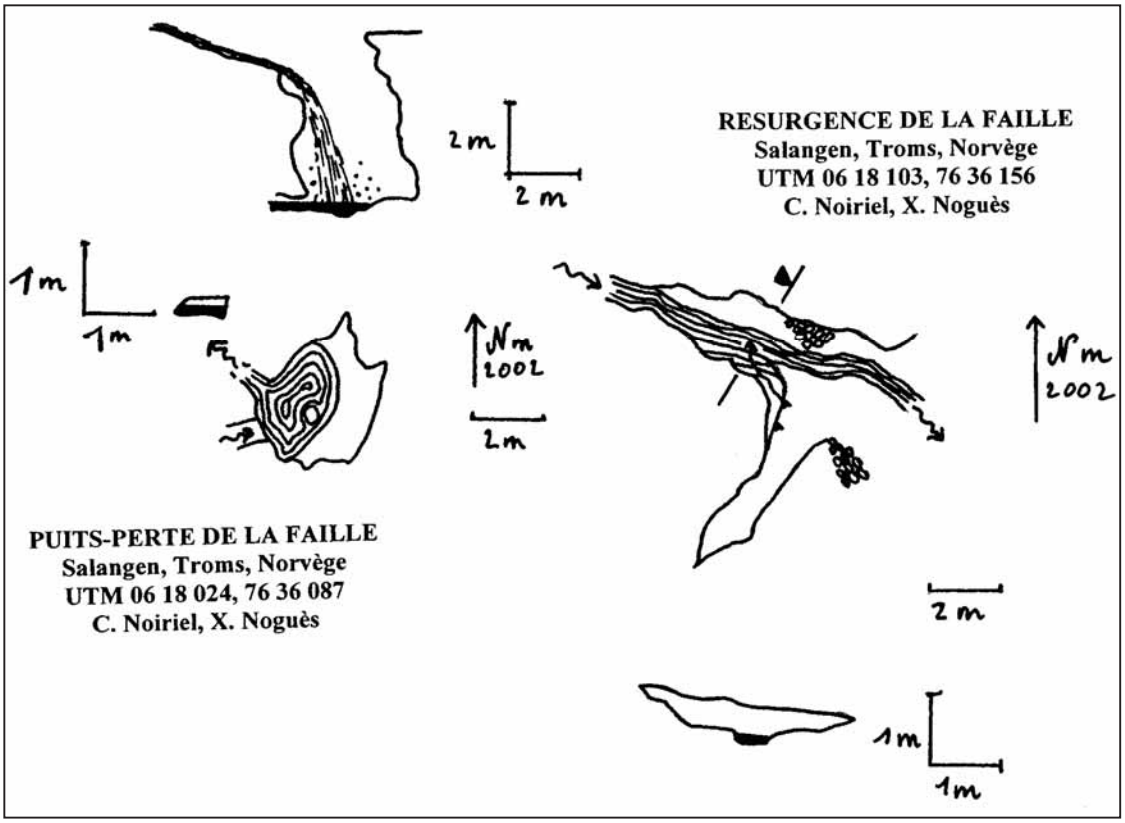
En allant vers l'est, on trouve la **roche cannelée** (n°4) dont verra la description dans l'article sur les "formes d'érosion superficielle".

Un peu plus à l'est, on trouve deux **pieds de champignons**, les têtes gisant à quelques dizaines de centimètres (n°7). Un peu plus haut, c'est un véritable **"champs" de champignons renversés** (n°8) que nous rencontrons. Celui-ci se prêterait à une étude statistique, mais nous n'avons pas eu le temps de la réaliser. Nous trouvons également sur cette zone des "galets" de marbres saccharoïdes tels que ceux qui avaient déjà été remarqués par Corbel.

En longeant les isohypses vers le sud, nous arrivons enfin à des phénomènes plus intéressants sur le plan spéléologique avec, une **grotte résurgence** (n°10; cf. topo) d'une dizaine de mètres de long, explorée en 2002. Celle-ci se situe près de la faille de Lasttasjohka. En prospectant au-dessus, à une centaine de mètres nous avons également localisé le **puits-perte** qui doit l'alimenter (n°11; cf. topo). Il s'agit d'un P5 de 4 m de diamètre dans lequel se perd un ruisselet. L'eau disparaît dans un conduit rectangulaire de 40 cm de haut sur 70 de large. Le niveau de celle-ci étant de 20 cm, nous n'avons pas tenté l'exploration.

[4] Champignon : piédestal de marbre protégé par une "tête" en roche non carbonatée, micaschistes dans le cas de Sagelva.


7639000
7638000
7637000
7636000
7635000
7634000
7633000
0614000
0615000
0616000
0617000
0618000
200
300
400
500
600
700
800
Baklia
848
N.G.
1 km



Puits-perte (n°11) et grotte réseurgence (n°10)

Sur le plateau plus à l'est, on remarque un **petit jordbru**[5] d'un mètre environ (n°9), puis en descendant vers le nord-est, une **petite cavité fossile** de quelques mètres de long, fortement attaquée par la gélifraction (n°6).

Enfin, au bord du plateau, c'est sur un replat dominant le fjord que nous avons localisé la "**diaclase des rennes**" (n°5). Sans intérêt spéléologique, la présence de deux crânes de rennes bien disposés ainsi que sa localisation (endroit dégagé avec panorama remarquable sur le fjord) nous a laissé penser qu'il pouvait s'agir d'un site de sacrifice Sámi. La balle est actuellement dans le camp des archéologues de Narvik...

Remontons sur la crête qui borde la faille de Lasttasjohka à environ 770 m d'altitude. Nous trouvons ici le **"champignon du sommet"** (n°24), qui est presque aussi imposant que le "mouton" (cf. ci-dessous). Celui-ci domine les deux **champignons remarquables** que nous avions découvert en 2002 et qui ont fait partie des "prétextes" principaux de l'expédition de 2004 (n°13 et 14). Nous en trouvons **un autre**, environ 150 m plus à l'ouest (n°15; nous avons perdu ses coordonnées GPS). Ce dernier est aussi volumineux mais le pied est beaucoup plus bas.

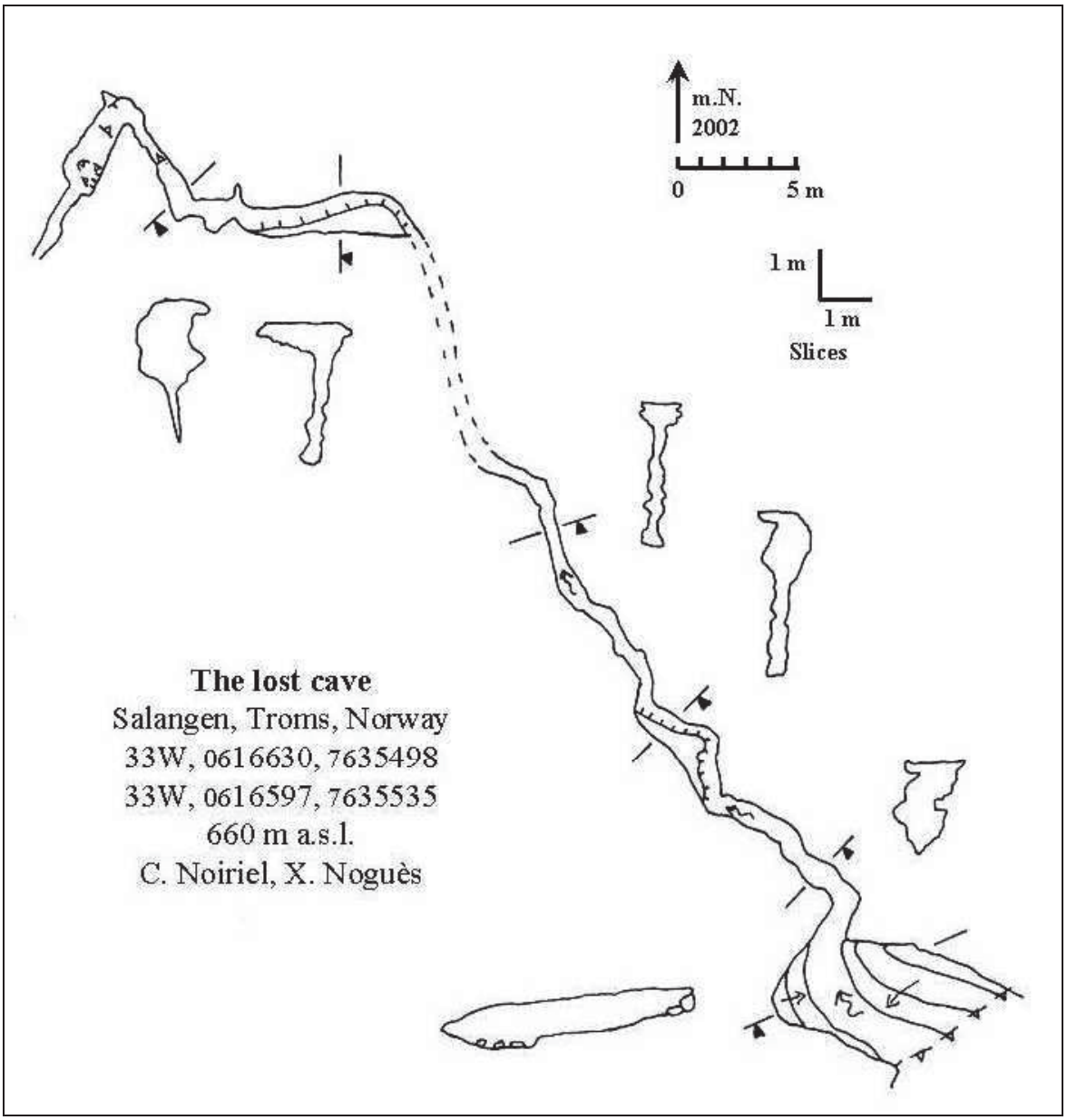
En partant vers le sud-ouest, on trouve une **perte dans un porche** peu profond (n°22; coordonnées GPS également perdues).

Toujours plus au sud-ouest, on arrive à un **mini-canyon de marbre** (n°23) ressemblant à celui décrit par Corbel sur Linnajavri.

En continuant la descente, on arrive à la **Grotte Perdue** (n°20; cf. topo) qui a été explorée et topographiée en 2002. Lors du report, nous nous sommes aperçus que son relevé GPS devait être erroné. Trois jours de recherche ont été nécessaires en 2004 pour retrouver cette grotte (ce qui a en outre permis la découverte d'autres cavités), d'où son nom. Il s'agit

[5] Jordbru : pont naturel en marbre, caractéristique de cette région.

d'un porche dans lequel se perd un ruisseau. Rapidement la galerie devient haute (parfois 2 m de haut) et étroite (de 20 à 40 cm de large) et se transforme en méandre avec arrêt sur étroiture à 40 m. L'exploration de la suite se fait par la résurgence dans un contexte identique sur 15 m. D'après le report topographique, les deux points terminaux sont situés à 10 l'un de l'autre. Deux mètres après cette résurgence, l'eau se reperd.



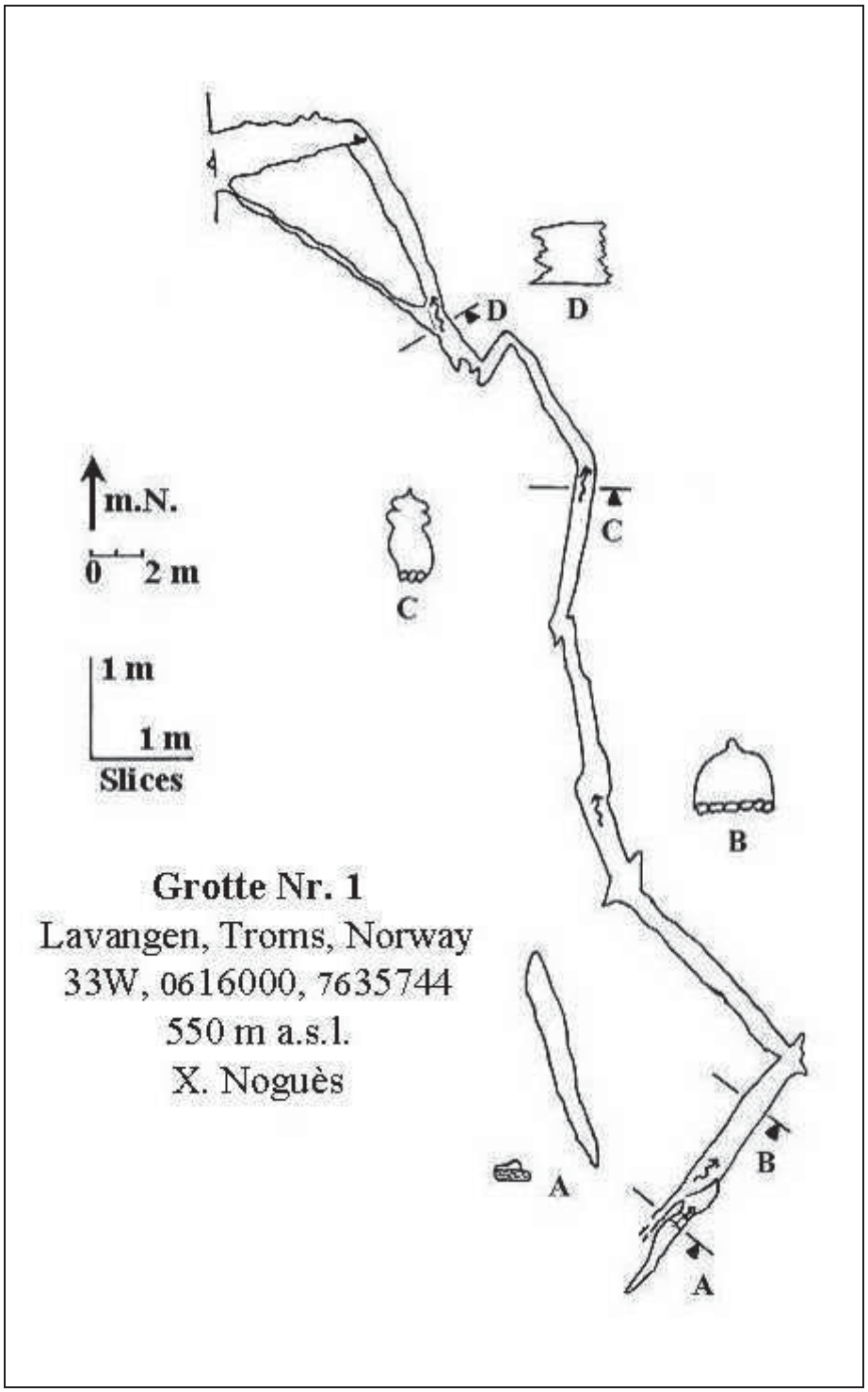
La Grotte Perdue (n°20)

Un peu plus en aval, c'est un **porche résurgence** de 5 m de développement (n°18), qui constitue peut-être l'exutoire du ruisseau de la Grotte Perdue.

De retour sur le bord ouest du plateau, on trouve "**le Mouton**" (n°12). C'est également un champignon, mais qui repose sur trois pieds : un de marbre et deux de micaschistes. Non loin de là, on trouve un autre champignon renversé (n°13).

On peut ici refaire un peu de spéléo sur environ 70 mètres dans une **résurgence** (n°16; cf. topo) creusée dans un marbre compact. Le plan semble indiquer une origine phréatique pour cette cavité. Avec le ruisseau en plus, cette grotte ressemble, par ses coupes de galeries,

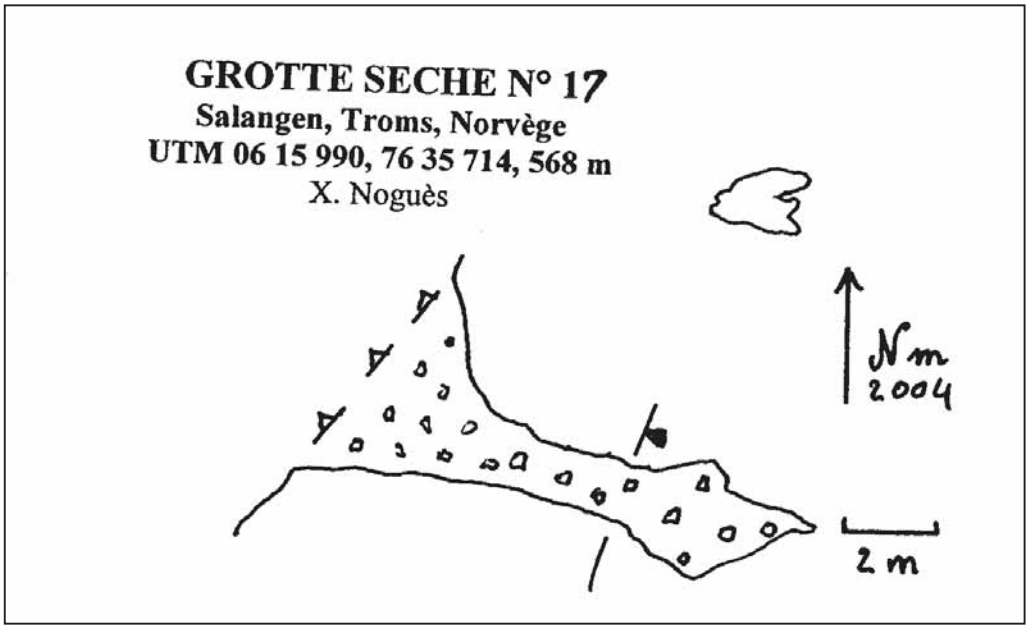
son plan, et les coups de gouges sur les parois à Tunnel Grotta et à Bildekk Grotta que nous décrirons dans le chapitre concernant la rivière.



Résurgence (n°16)

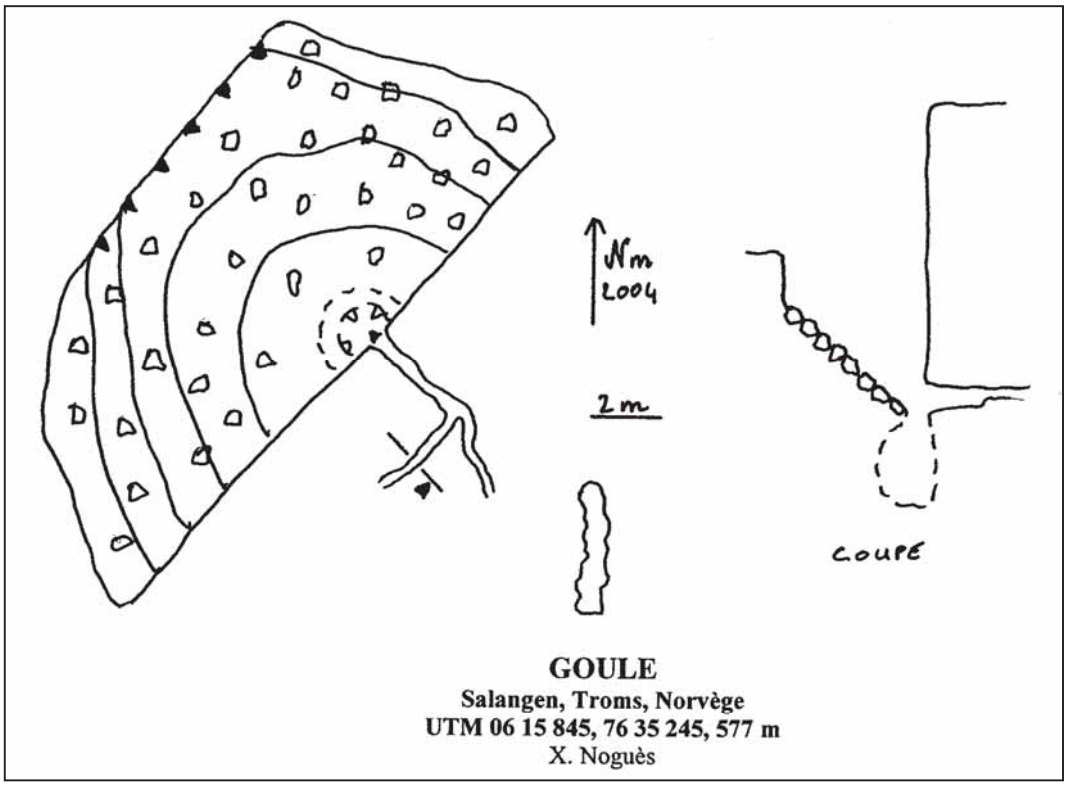
Non loin de là, on trouve une **petite grotte fossile** de 15 m (n°17; cf. topo).

Un peu plus au sud, on rencontre une **perte** (n°19), puis une résurgence plus à l'ouest (n°21).



Petite grotte fossile (n°17)

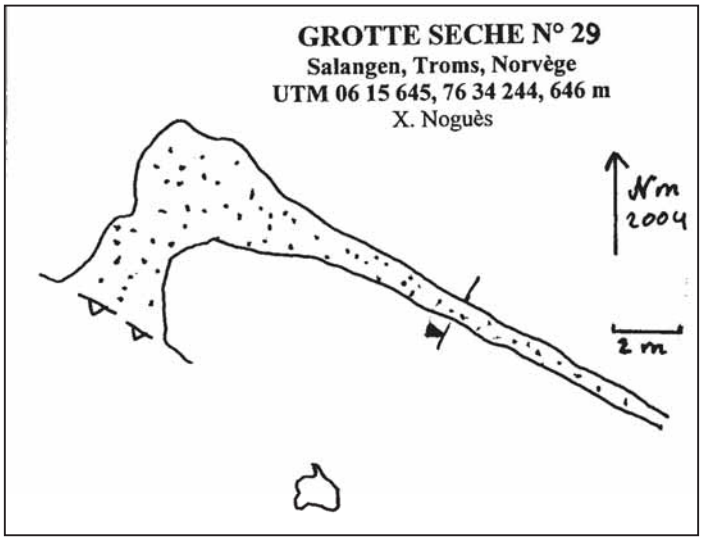
Encore plus au sud, on touve un nouvel ensemble intéressant, avec de haut en bas, un "mini-canyon" de marbre qui arrive dans une **petite perte fortement cannelée** (n°27). Un peu en contrebas, se trouvent des petits puits dont le plus remarquable est une **diaclase ouverte** (**P7**; n°26). Enfin, on arrive au **goule** (n°25; cf. topo), qui est une doline d'effondrement. Du



Goule (n°25)

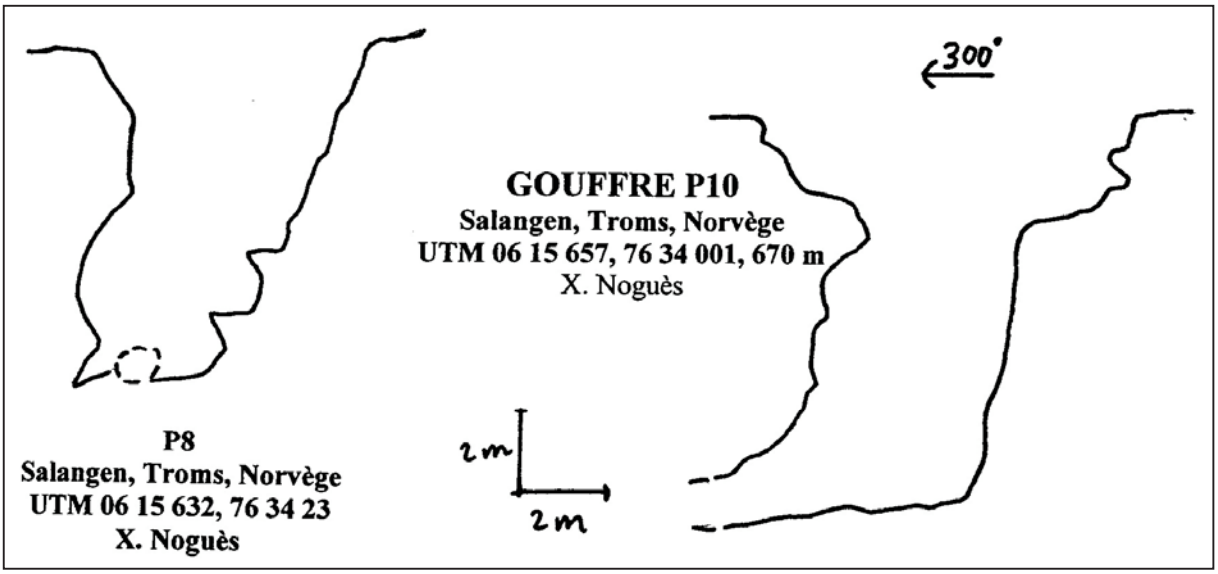
coté amont, celle-ci est délimitée par une petite falaise. On peut y descendre par les cotés nord ou sud, sur un éboulis, pour atteindre l'entrée d'une petite grotte résurgence. Ce n'est qu'à l'entrée de la grotte que l'on s'aperçoit que l'on marche sur des blocs qui forment une clé de voûte au dessus du P5 dans lequel se jette le ruisseau qui sort de la grotte. Ce P5 reste inexploré. L'exploration de la petite grotte, interrompue à 6 m de l'entrée, pourrait être continuée dans des étroitures sévères.

A un kilomètre plus au sud, nous arrivons à une nouvelle zone intéressante, avec un premier **puits obstrué** mais dans lequel on entend l'eau s'écouler (n°28). Non loin de là, se trouve une **petite grotte sêche** (n°29; cf. topo), et un autre petit puits (**P8**; n°30; cf. topo).



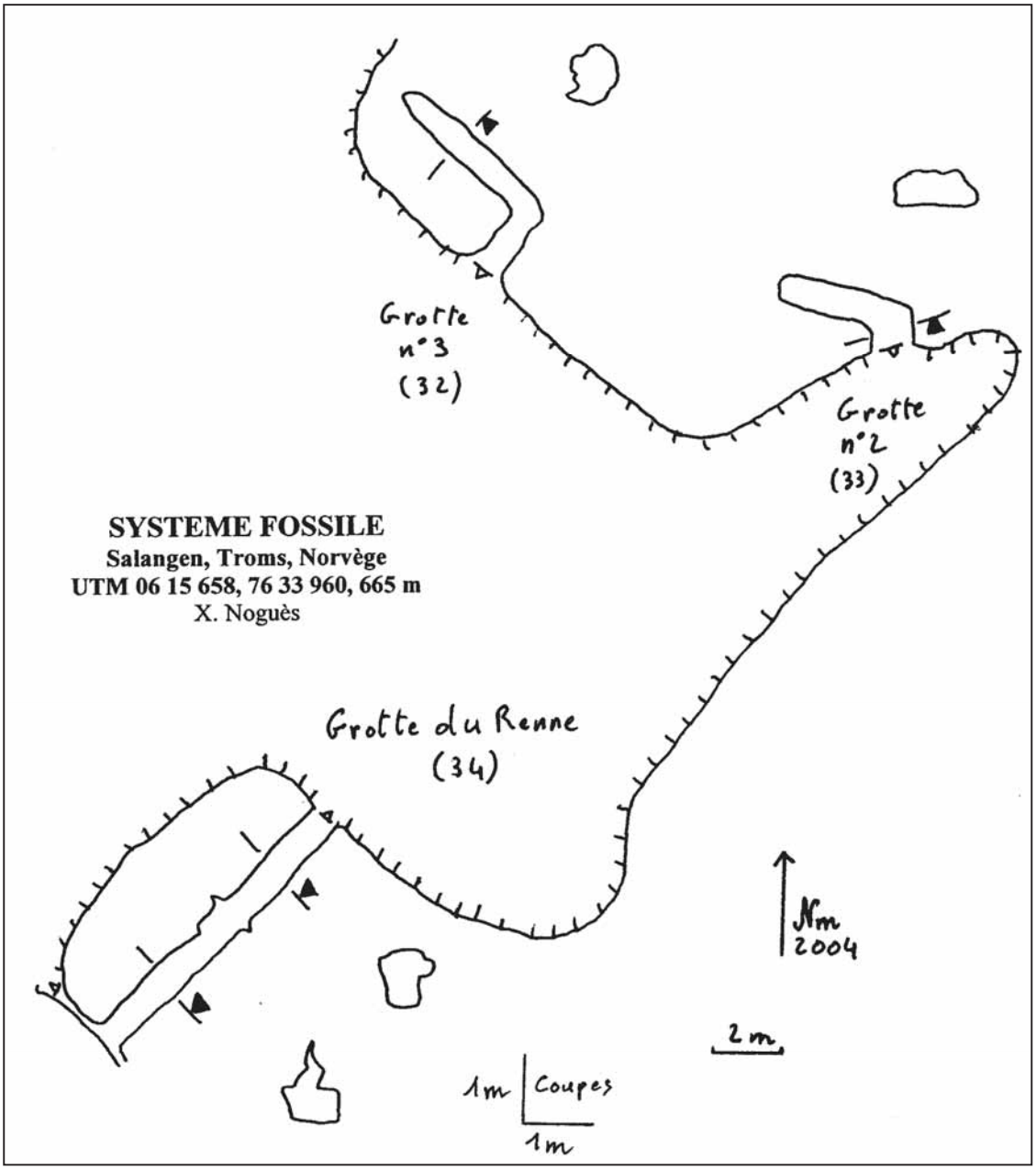
Grotte sèche (n°29)

Une centaine de mètres plus au sud, on trouve un beau **P10** dont l'exploration serait intéressante au moins d'un point de vue karstologique ou géomorphologique (n°31). L'absence d'amarages naturels aux alentours et l'état du marbre fortement gelifracté rendent cependant son exploration difficile.



P8 (n°30) et P10 (n°31)

A cet emplacement, on trouve également **trois petites grottes fossiles** (n°32, 33 et 34; cf. topo). Il est probable qu'elles ont eu fait partie d'un même réseau que le creusement d'une petite vallée sèche a coupé. La plus à l'ouest est la plus longue. Un renne semble s'y être coincé à en juger par les rayures de ses bois laissées sur les parois et par le crâne qui y est encore présent (n°34). On trouve également un **P7** qui sert de perte dans le marbre (n°35), juste en dessous d'un petit jordbru, ainsi qu'un autre **petit canyon** (n°36).

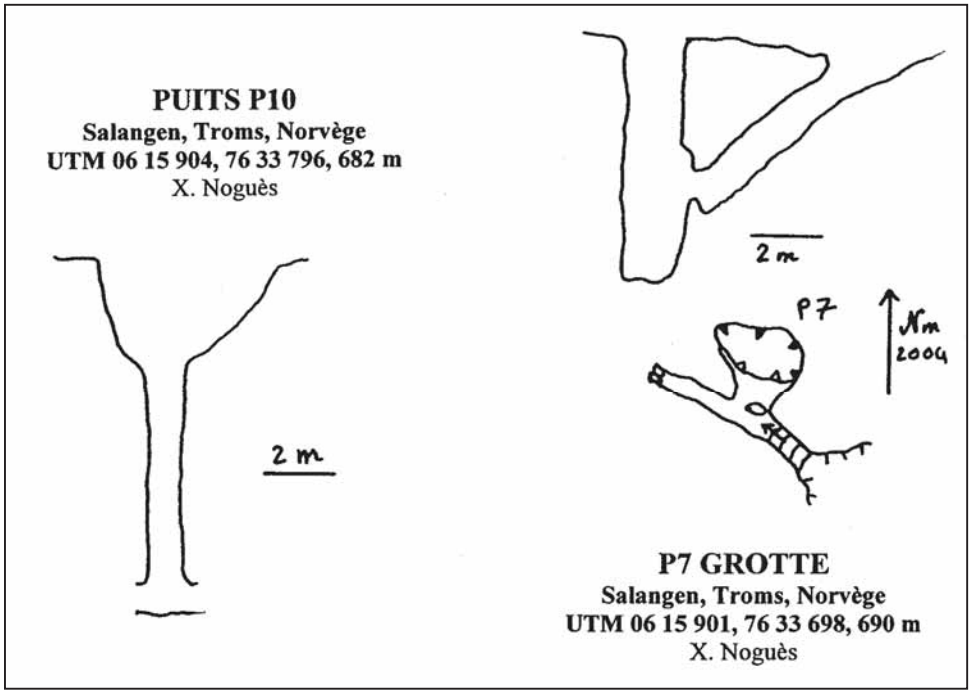


Trois petites grottes fossiles (n°32, 33 et 34)

Enfin, à moins de 200 m au sud-est, on trouve encore trois petits puits. Le premier est un **P10** (n°37; cf. topo) dont l'entrée est évasée. Trois mètres plus bas, ce puits devient tubiforme. On entend l'eau couler au fond. Son exploration pourrait donc s'avérer intéressante. Sa profondeur laisse en effet supposer que l'éventuelle galerie dans laquelle s'écoule l'eau a été préservée par l'épaisseur du marbre jusqu'à la surface.

La profondeur d'un **P6** (n°38) a peut-être été sous-estimée dans la mesure où le fond n'était pas visible. Celui-ci semble s'élargir en bas.

Enfin, un autre **P7** (n°39; cf. topo) a pu être exploré puisqu'il communique avec une diaclase dont l'exploration ne nécessite pas d'équipement. L'entrée se fait par une pente à plus de 40°. Sur la droite, on peut accéder au fond du puits. En face, la diaclase est obstruée par des blocs. L'absence d'effondrements aux alentours rend la désobstruction de cette diaclase intéressante puisqu'on peut espérer que le colmatage est limité à cette partie, exposée aux imtempéries.



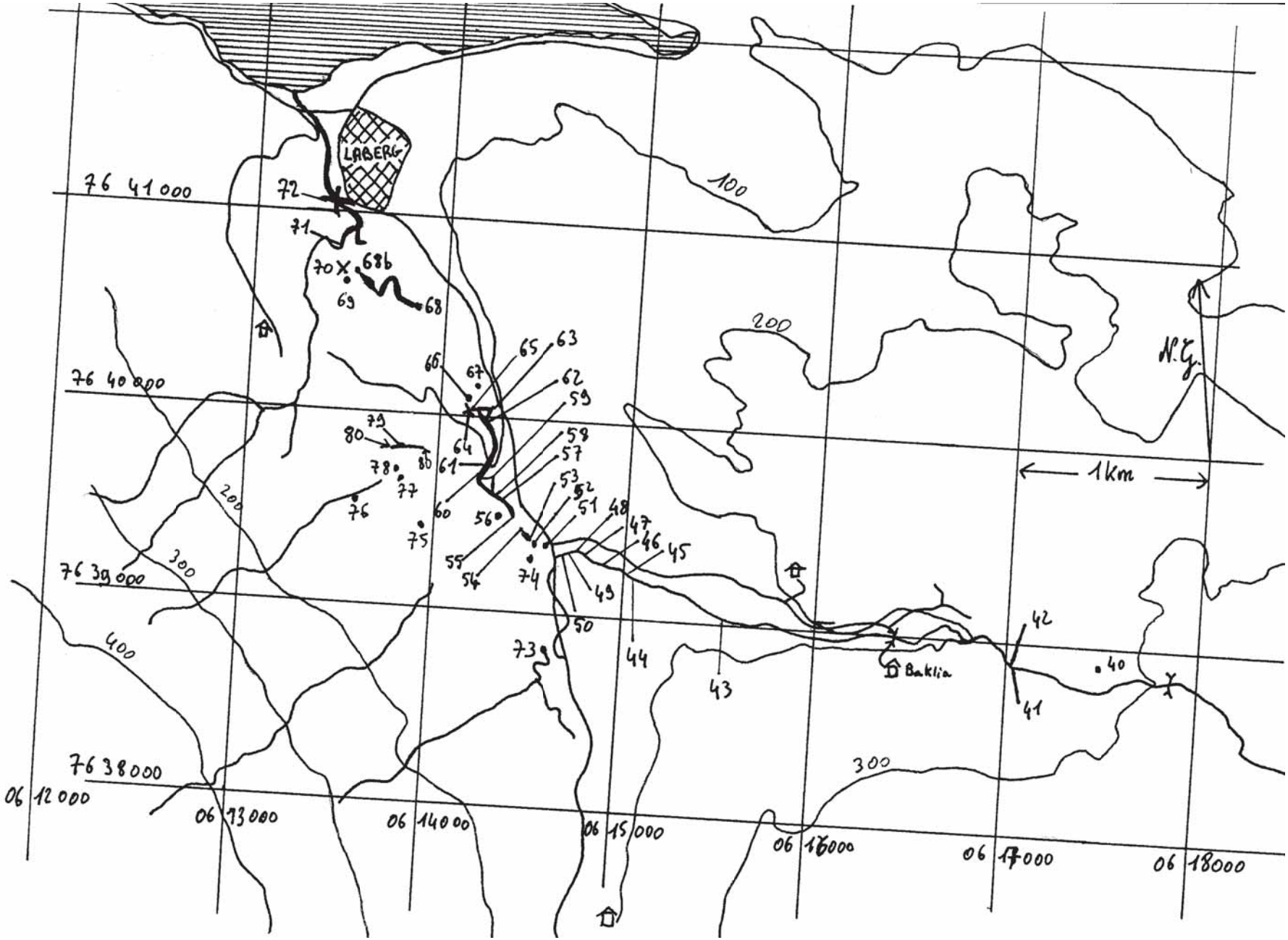
P10 (n°37) et P7 (n°39)

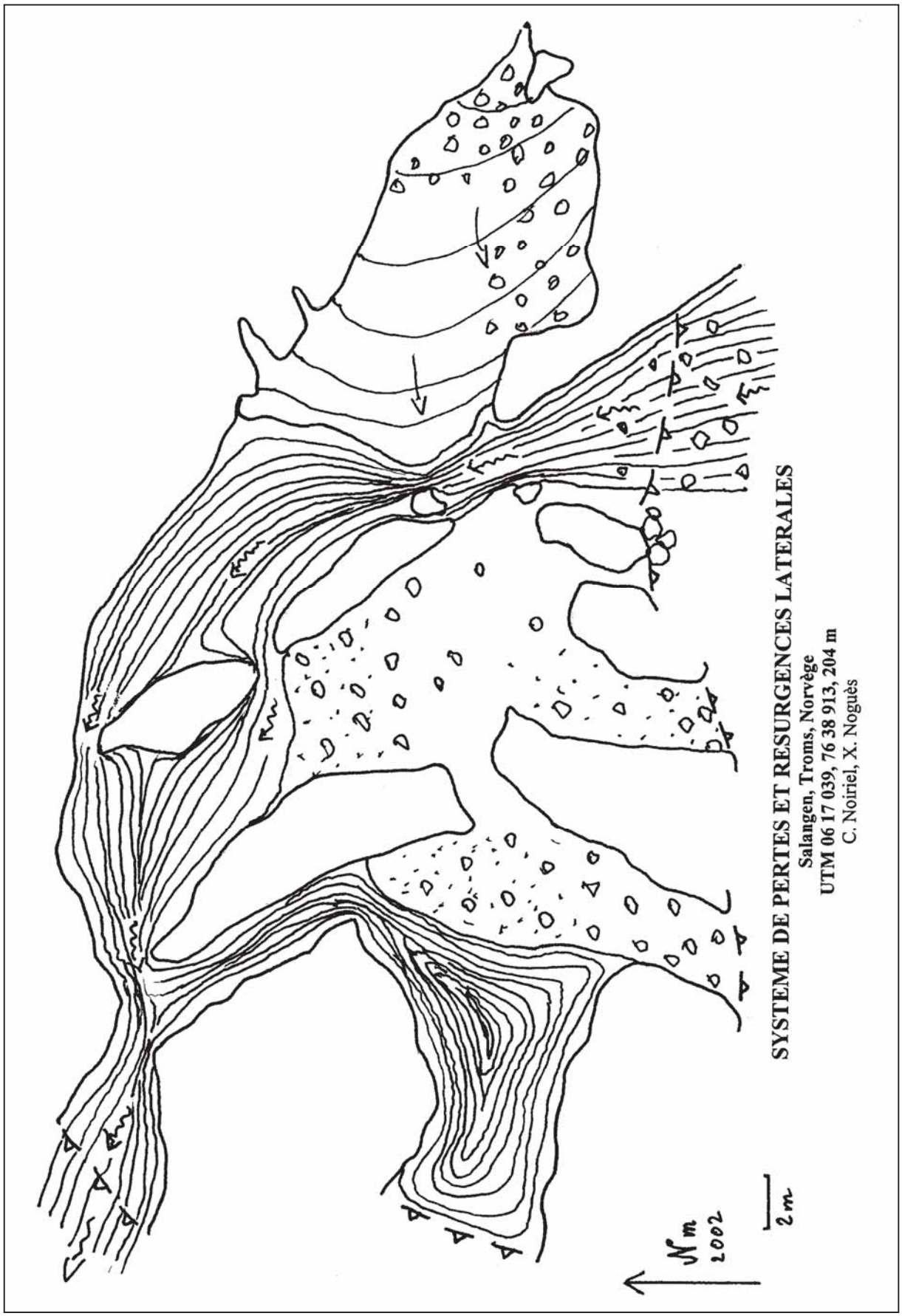
Sagelva

Résurgence non karstique (n°40). Il s'agit d'une résurgence assez curieuse, située à flanc de coteau. L'eau sort sous pression dans les gneiss. Il est possible qu'il s'agisse de la résurgence d'une perte de Sagelva ce qui suggérerait que les gneiss ne sont à cet endroit que peu épais et superficiels.

Système en amont de Baklia (n°42; cf. topo). On trouve d'une part un **long jordbru** (n°41) de 10 m de large sur 30 m de long. L'épaisseur de la voûte est d'environ 1 m. Rive droite, on peut visiter une cavité à 5 entrées, creusée dans un marbre gris et tapissée de coups de gouge. Deux entrées latérales ont pu servir soit de perte soit de résurgence. En aval, on peut sortir par la résurgence actuelle qui emprunte un beau porche. A dix mètres au sud de ce porche, on voit l'extrémité d'un bras mort (le jour de la topo) qui peut servir de trop plein. La sortie de l'eau se fait alors par un laminoir très bas. L'ensemble de la progression se fait soit dans des conduites forcées de 1 à 1,60 m de haut, soit dans des laminoirs, le tout dans un petit dédale de gros piliers. Le développement total est d'environ 120 m.

On arrive ensuite au **canyon en "V"** (n°44 pour son extrémité aval), d'environ 10 à 15 mètres de haut. Après la sortie du canyon en V, on remarque une perte rive droite, puis une vingtaine de mètres plus loin, on trouve les chutes encaissées qui entrent dans le canyon en "U" décrit par Corbel. Dès l'entrée de ce canyon, on trouve la **perte du canyon en "U"** ("Top Sink"; n°46). Juste en face (rive gauche) l'équipe de Catlin a exploré **Raw cave** (n°46). Cette

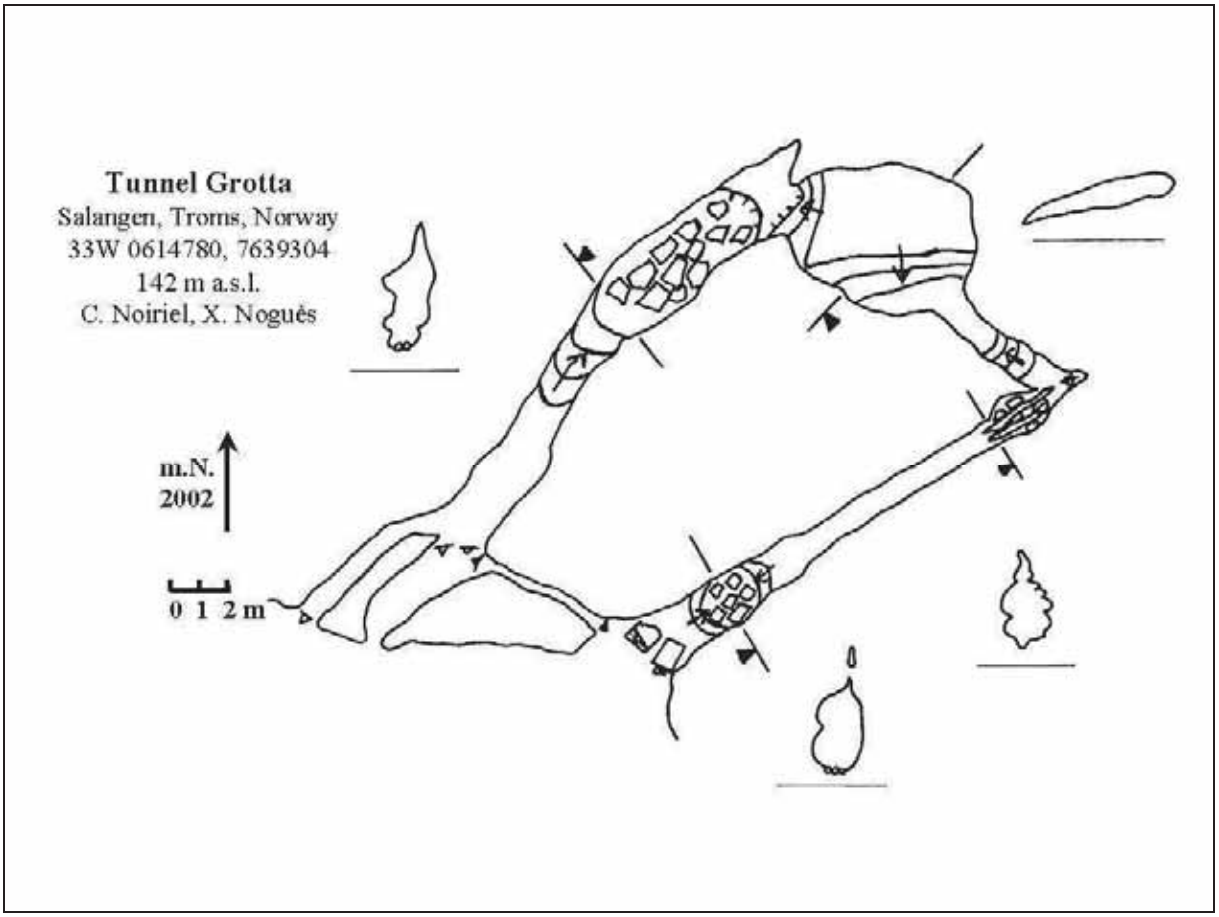

LABERG
76 41 000
76 40 000
76 39 000
76 38 000
06 12 000
06 13 000
06 14 000
06 15 000
06 16 000
06 17 000
06 18 000
100
200
300
400
1km
N.G.
Baklia
72
71
70
69
68b
68
67
66
65
63
62
59
64
61
60
58
57
56
55
54
53
52
51
50
49
48
47
46
45
44
43
42
41
40
80
79
78
77
76
75
74
73



Système en amont de Baklia (n°42)

cavité, que nous n'avons pas visité ferait une quinzaine de mètres avec arrêt sur étroiture et désescalade intermédiaire. Elle sert de perte lorsque "Top Sink" est saturée.

Tunnel grotta correspond vraisemblablement à "Prop cave" et à "Rabbit Hole" (ainsi appelés par Catlin; n°47; cf. topo). Il s'avère en effet que lorsque Sagelva est à sec à cet endroit, les deux cavités se rejoignent (cf. topo). Pendant et en fin de crue, la partie la plus profonde siphonne et les deux entrées correspondent parfaitement aux deux descriptions de Catlin. C'est à une quinzaine de mètres en amont que se situent les marmites à fond convexe décrites dans l'article sur les "formes d'érosion superficielle".



Tunnel Grotta (n°47)

Diaclase Sud (n°48). Il s'agit d'une petite cavité d'environ 5 mètres de long située quelques mètres en aval de Tunnel Grotta sur la rive gauche, dans le prolongement d'une diaclase qui coupe Sagelva.

Nous ne sommes pas certain d'avoir retrouvé **Eastward Hole** (n°49) décrit par Catlin. Nous avons exploré un dédale qui ressemble tant par la localisation que par les longueurs et la progression à ce que décrit Catlin. Par contre, s'il s'agit du même phénomène souterrain, il ne s'agit pas d'une cavité, mais d'un éboulement latéral de la rive et la progression s'effectue parmi les blocs. Les diamètres des "galeries" décrits par Catlin semblent assez bien correspondre à ce que nous avons vu : des séries d'étroitures !

Quelques mètres en aval, on arrive à la **Perte du pont** (n°50). Celle-ci est pénétrable sur quelques mètres dans les éboulis. Une quinzaine de mètres plus au sud, un pont artificiel permet l'évacuation de l'eau lors des crues vers la vallée sèche (rive gauche) décrite par Corbel. C'est dans ce lit que l'on trouve le **grand ensemble de cupules** (n°74) décrites dans l'article sur les "formes d'érosion superficielle" et photographiées par Corbel.

Lille Versaille (Wøllo, 1991), est appelée "Rubbish Hole" par Catlin et "Søppel Holla" par les autochtones (n°51). La topographie la plus complète et la plus juste a été publiée par Catlin. Son défaut essentiel est qu'elle a subi une rotation malencontreuse de 180°. Elle faisait suite à un croquis assez erroné publié par Stchouzkoy et coll. Enfin, en 2000, je tentais de la topographier ignorant à cette époque le travail de nos prédécesseurs... Sagelva était alors en crue et je ne "découvrais" alors que la salle principale. Les trolls auraient ils jeté un sort sur les topographie de cette grotte ? Il s'agit d'un puits de 4 m dans une diaclase. L'arrivée se fait sur des blocs coincés. Vers le sud on accède à une galerie ou l'on progresse parmi les blocs effondrés sur environ 30 mètres. A partir du puits, on peut aussi descendre sur les blocs pour arriver dans la salle principale où coule Sagelva souterraine. A l'est, on peut prendre une belle galerie aux parois saines tapissées de coups de gouge dans un marbre noir. Après environ 50 mètres, les passages sont surbaissés et siphonnaient tous lors de nos visites. Enfin, à l'ouest, on peut marcher dans une belle galerie inondée de 2 m de large, 3 m de haut et 25 m de long; avec arrêt sur siphon. Cette galerie est doublée par un petit passage supérieur.

Rock pool (n°52) est un trou d'une dizaine de mètres de diamètre qui donne un regard sur Sagelva. La voûte d'où sort l'eau est visible environ 1 m sous le niveau. La rivière passe à nouveau sous quelques blocs et réapparaît.

Nouvelle perte (Rock bridge). Celle-ci est pénétrable sur quelques mètres mais sans intérèt spéléologique puisque la progression se fait sous les blocs effondrés.

Résurgence de Sagelva (n°53) dans les effondrements.

Lita Grotta (Tier Cave; n°54). Cette grotte était mentionnée par Corbel, qui en donnait un croquis. Nous l'avons topographiée en 2000 (Noguès, 2001). Elle est constituée par deux laminoires superposés. Le premier semble inondé en permanence et absorbe tout Sagelva, le supérieur est pénétrable sur une cinquantaine de mètres et sert de trop plein lors des crues. A deux mètres à gauche de l'entrée, on trouve une **petite résurgence** (n°54) qui est peut être celle de Botnelva (cf. chapitre sur les phénomènes présents rive gaucha après le pont).

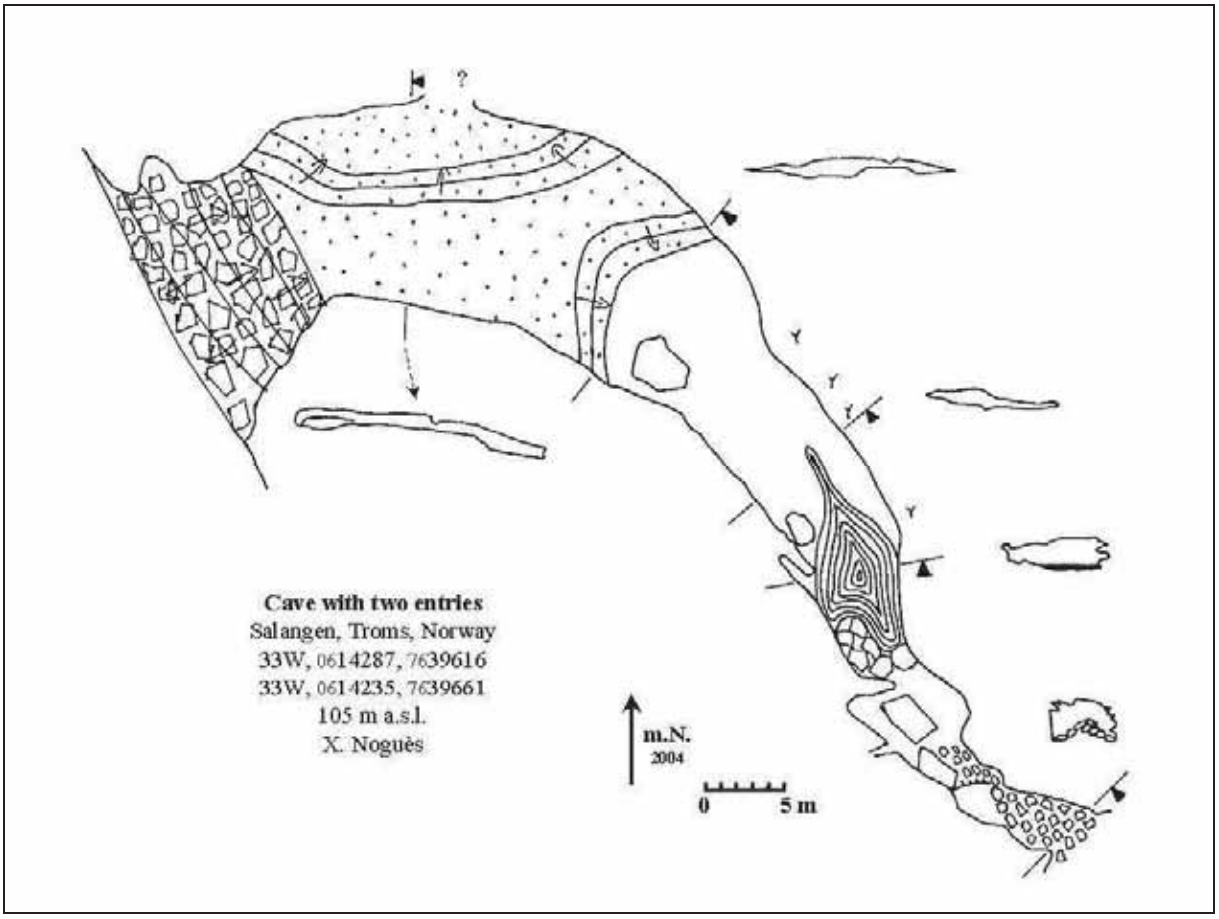
Résurgence de Lita Grotta (Junction Rising; n°55). Il s'agit d'une résurgence vauclusienne, impénétrable, du moins en été.

Juste après cette résurgence, on trouve un petit affluent rive gauche. Si on le remonte, on arrive à une **petite résurgence vauclusienne** qui l'alimente (n°56).

Après avoir observé une **petite perte** (n°57) rive droite, on arrive à une petite grotte latérale dans laquelle se trouve **une double résurgence et une perte**. Cette petite cavité (environ 12 m) orientée ouest-est, située rive droite (n°58) a été décrite antérieurement (Noguès, 2001). Creusée dans une diaclase, elle reçoit deux petits affluents du sud et l'eau se perd au nord, perpendiculairement à l'axe de la cavité.

Grotte à deux entrées (n°59 et topo). Cette cavité a un développement d'environ 85 m et a du constituer un ancien cours souterrain de la rivière. Il semble que ce soit cette grotte que Wollø mentionne comme une grotte d'environ 100 m (Wollø, 1991). Elle est située rive droite. Son entrée amont est un porche gélifracté et donc très éboulitique de 2 m de haut. Après quelques mètres, on dépasse le chaos pour arriver dans une galerie à voûte saine. On arrive ensuite à une vasque. C'est ici que l'on trouve quelques fistuleuses et des concrétions en "choux-fleurs". Enfin, à 30 m de l'autre sortie, le plafond s'abaisse, le sable grossier recouvre le sol et les parois s'éloignent. Nous sommes dans un laminoir d'une douzaine de mètres de large pour 40 à 60 centimètres de haut. La sortie a lieu dans la paroi du petit canyon, dans l'intrados de la rivière. Il semble que cette cavité puisse encore servir de trop plein lors de certaines crues violentes, à en juger par les traces de mise en charge au plafond.

Nous arrivons ensuite aux **chutes** (n°60) puis au **jordbru** (n°61) entre les parois du **troisième canyon.**



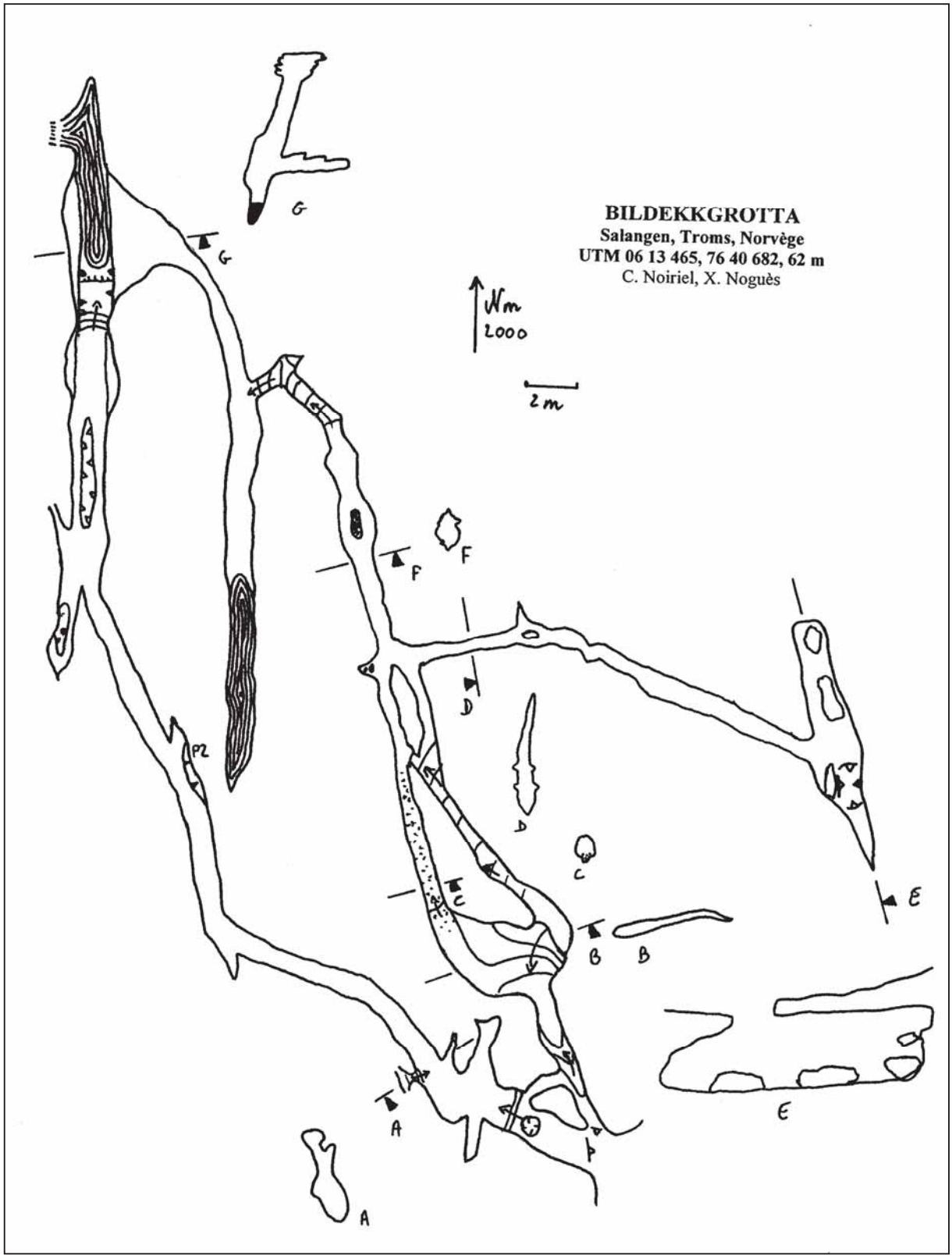
Grotte à Deux Entrées (n°59)

Quelques dizaines de mètre plus en aval, on arriva à la première entrée de **Store Sagelva**, une perte impénétrable en cette saison (rive droite). Store Sagelva (n°62) a été topographiée par Wollø (1991). La cavité fait environ 1500 m de long. En juillet, on peut y pénétrer par les **entrées 2 et 3** (également rive droite; n°63), et probablement par l'entrée 4 (rive gauche) mais que je n'ai pas réussi à localiser. Les entrées 2 et 3 sont situées dans un grand porche d'une quinzaine de mètre de haut, très gélifracté. Ces deux entrées débouchent sur la rivière, véritable torrent souterrain à l'ambiance pyrénéenne. Dans la galerie d'accès, on note la présence de formes d'érosion témoignant de la violence du cours. Dans le torrent, on remarque les dépôts de calcite au plafond.

En 2000, nous avions trouvé un **effondrement** (3 à 4 mètres de profondeur, 4 à 5 mètres de diamètre) de l'autre coté de la vallée (n°64). Celui-ci pourrait être une des sorties de Store Sagelva. Hélas, nous n'avons pas réussi à le retrouver lors des deux expéditions suivantes.

Entre l'entrée 3 de Store Sagelva et celle de Lutgrotta, on trouve encore un **petit ramping**, rive droite, de 4 à 5 mètres de long (n°65).

Toute l'eau de Sagelva se perd dans Store Sagelva. En continuant la descente de la vallée devenue sèche, on trouve **Lutgrotta** (environ 1000 m de développement; n°66). Egalement topographiée par Wøllo (1991), je pense avoir visité 500 à 600 m de ce ruisseau souterrain rectiligne, orienté nord-est sud-ouest (de l'entrée vers l'amont). Cette grotte s'ouvre rive gauche, débute par une descente d'une dizaine de mètres suivie d'une progression au milieu d'un chaos. Enfin, on arrive dans "la diaclase". De huit à dix mètres de haut, on la longe alors probablement jusqu'à la fin, avec parfois quelques passages bas pour éviter des blocs effondrés calcifiés. Il semble qu'il y ait un regard sur l'extérieur en plafond (Wøllo, 1991). Ce ruisseau souterrain est un affluent de Sagelva qui rejoint vraisemblablement la rivière directement dans son cours souterrain.



Bildekk Grottaa (n°69)

Plus en aval dans la vallée on arrive à un "**effondrement général**" (n°67), qui termine la vallée brutalement. Le cours n'a jamais été épigé de cet emplacement jusqu'à la résurgence suivante.

En 2000, nous avions trouvé un **regard sur un cours souterrain**, directement dans la vallée, environ 300 m en aval de cet "effondrement général", mais nous n'avons pas pu le retrouver ultérieurement (nous ne l'avons pas indiqué sur la carte). Il ne s'agissait cependant pas d'un regard direct sur Sagelva souterrain, à en juger par le bruit de l'eau qui était trop faible.

La résurgence de Sagelva a lieu dans **Johanneshola** (Black Rising; n°68a), cavité qui n'était pas pénétrable lors de nos visites.

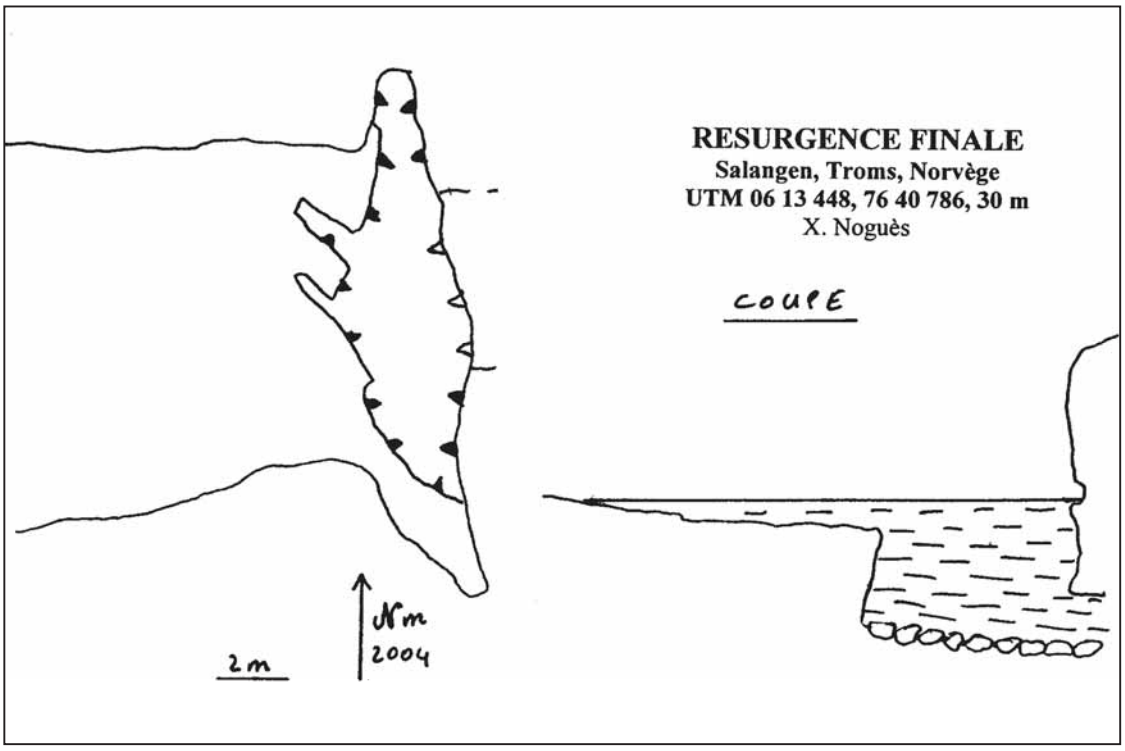
La **perte** suivante (n°68b) est mentionnée par Corbel (1957) et présenterait probablement un intérèt en plongée.

Sur la gauche, on trouve la vallée sèche également mentionnée par Corbel avec **Bildekkgrotta**. Cette grotte (n°69; cf. topo), avait déjà été "crobardée" par Catlin et al. (1970; alors appelée "Box Cave"). Il s'agit, comme le dit Corbel, d'un "véritable petit réseau phréatique", caractérisé par ses coupes de galeries et les coups de gouges qui tapissent ses parois. C'est près de cette grotte (entre deux de ses entrées) que l'on trouve les rigoles décrites dans la deuxième partie de ce rapport.

On arrive ensuite à la perte (fossile) de "**Cross Road**" (Catlin et al., 1970; n°70) que nous n'avons pas visitée en raison des ferrailles qui encombraient le porche d'entrée.

La résurgence de Sagelva (appelée "**the Well**" par Catlin) est assez remarquable (n°71; cf croquis).

Enfin, nous n'avons pas retrouvé "**Tributary Cave**" (n°72) une résurgence mentionnée par Catlin, et située entre "the Well" et le fjord.



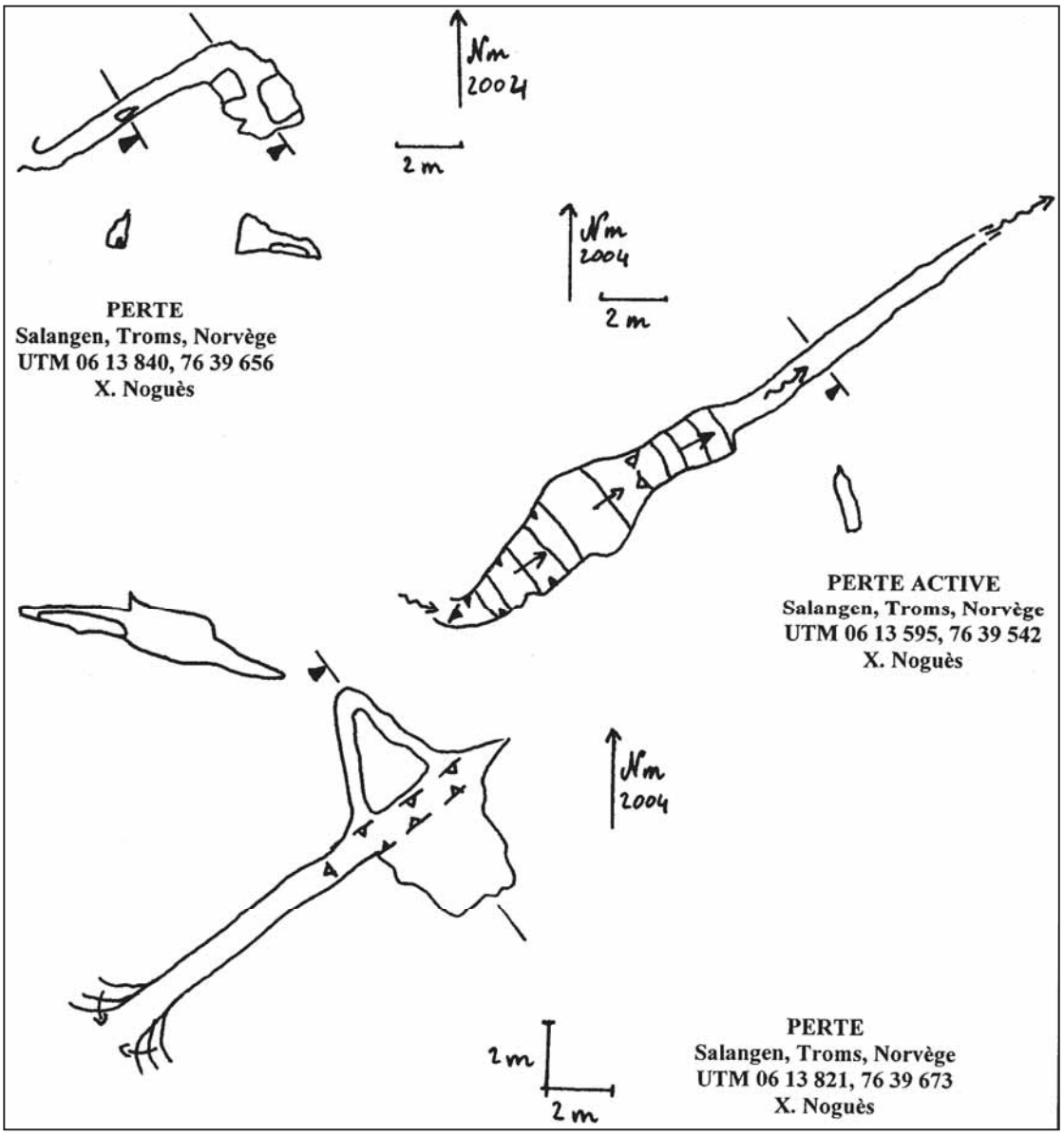
The Well (n°71)

Phénomènes observés rive gauche après le pont

On trouve d'abord la **perte de Botnelva** (ou "Lavangseidet Sink"; n°73) qui est une perte impénétrable, dans les galets et blocs.

Viennent ensuite une **première perte** (n°76; cf topo), active, et qui pourrait être à l'origine de Lutgrotta. Une **deuxième perte** (n°77; cf topo) puis une **troisième perte** (n°78; cf topo) étaient pour leur part sèche mais ne semblent fonctionner qu'occasionnellement.

On trouve ensuite une sorte de **doline** (n°75) qui semble assez profonde mais qui est comblée par les branchages dans Sagsoetran. Enfin, on note un **petit canyon** (n°80) de 3 à 4 mètres de profondeur qui présente un **regard sur cours actif** à sa mi-parcours (n°79). Il s'agit vraisemblablement du regard sur Lutgrotta.



Les trois pertes rive gauche (n°76, 77 et 78)

N°	Phénomène	UTM Est	UTM Nord
1	Cours à éclipses	06 17 298	76 37 013
2	Deux champignons renversés	06 17 002	76 36 962
3	Fissures colmatées	06 17 568	76 36 931
4	Roche cannelée	06 17 753	76 36 753
5	Fissure des deux rennes	06 16 658	76 36 611
6	Petit trou	06 17 429	76 36 602
7	Champignons cassés	06 18 050	76 36 580
8	Ensemble de champignons tombés	06 18 005	76 36 482
9	Mini jordbru	06 17 531	76 36 426
10	Résurgence de la faille	06 18 103	76 36 156
11	Puits de la faille	06 18 024	76 36 087
12	Le Mouton	06 16 130	76 35 899
13	Demi champignon	06 16 042	76 35 835
14	Deux champignons de 2002	06 17 600	76 35 760
15	3ème champignon	Localisation	approximative
16	Résurgence	06 15 999	76 35 743
17	Petite grotte fossile	06 15 990	76 35 714
18	Porche résurgence	06 16 625	76 35 603
19	Perte	06 16 046	76 35 549
20	Trou perdu perte entrée aval	06 16 630 06 16 597	76 35 498 76 35 535
21	Résurgence	06 15 726	76 35 495
22	Porche perte	Localisation	approximative
23	Mini canyon de marbre	06 16 871	76 35 363
24	Champignon de crète	06 17 787	76 35 295
25	Goule	06 15 845	76 35 245
26	P7 puits diaclase	06 15 807	76 35 234
27	Perte	06 15 828	76 35 207
28	Gouffre bouché avec eau courante	06 15 622	76 34 265
29	Grotte sêche	06 15 645	76 34 244
30	P8	06 15 632	76 34 236
31	p10	06 15 657	76 34 001
32	Grotte n°3	06 15 664	76 33 976
33	Grotte n°2	06 15 676	76 33 974
34	Grotte du renne	06 15 658	76 33 960
35	Perte dans P7 de marbre et jordbru	06 15 742	76 33 951
36	Petit canyon	06 15 715	76 33 869
37	P10	06 15 904	76 33 796
38	P6	06 15 917	76 33 761
39	P7	06 15 901	76 33 698

N°	Phénomène	UTM Est	UTM Nord
40	Résurgence non karstique	06 17 509	76 38 908
41	Long jordbru	06 17 023	76 38 898
42	Grotte 2002	06 17 039 06 17 012 06 17 012	76 38 913 76 38 912 76 38 940
43	Petite grotte	06 15 538	76 39 025
44	Fin du canyon en "V"	06 15 064	76 39 200
45	Perte rive droite	06 15 050	76 39 210
46	Top Sink et Raw Cave	06 14 892	76 39 263
47	Tunnel Grotta et grotte en face	06 14 780	76 39 304
48	Trou rive gauche	06 14 813	76 39 291
49	Eastward Hole	06 14 690	76 39 325
50	Perte du pont	06 14 677	76 39 318
51	Lille Versaille	06 14 618	76 39 339
52	Trou résurgence (Rock Pool)	06 14 542	76 39 353
53	Nouvelle perte	06 14 522	76 39 368
54	Lita Grotta	06 14 455	76 39 428
55	Résurgence de Lita Grotta	06 14 414	76 39 496
56	Résurgence d'affulent Junction Rising	06 14 365	76 39 452
57	Perte latérale rive droite	06 14 363	76 39 553
58	Trou 2000	06 14 346	76 39 572
59	Grotte à deux entrées	06 14 235 06 14 287	76 39 661 76 39 610
60	Chutes	06 14 209	76 39 679
61	Jordbru	06 14 241	76 39 733
62	Store 1 (perte)	06 14 253	76 39 968
63	Porche Store 2 et 3	06 14 214	76 40 020
64	Autre entrée de Store ?	Localisation	approximative
65	Petite grotte	06 14 172	76 40 039
66	Lutgrotta	06 14 113	76 40 059
67	Collapse	06 14 171	76 40 125
68a	Johanneshola	Localisation	approximative
68b	Perte	Localisation	approximative
69	Bildekk grotta et ses cannelures	06 13 465	76 40 682
70	Cross Road Cave	Localisation	approximative
71	The Well	06 13 448	76 40 786
72	Tributary cave	Localisation	approximative
73	Perte de Botnelva	06 14 616	76 38 805
74	Cupules en aval du pont	06 14 500	76 39 285
75	Doline	06 13 965	76 39 420
76	Perte	06 13 595	76 39 542
77	Perte	06 13 840	76 39 656
78	Perte	06 13 821	76 39 673
79	Regard sur Lutgrotta ?	06 13 862	76 39 820
80	Extrémités du petit canyon	06 13 794 06 13 900	76 39 769 76 39 820

Remerciements

Nous remercions Willy Wøllo pour ses indications, Hanne Lore Ingeborg, Axel Bähr et leur "équipe" pour leur sympathique accueil, David Saint-Pierre qui nous a évité de refaire pour la deuxième ou troisième fois les mêmes topos par son aide bibliographique. Nous remercions également les habitants de Sjövegan, Laberg et Baklia pour leur aide. Nous n'oublions pas la FFS qui a parrainé les trois expés.

Bibliographie

Catlin B, Graham D, Rugg PW (1970) The Sagelva river system. Exploration report. *University of Bradford Union Pothole Club*. pp14.

Corbel J (1957) La région du Sagelva. In "Les karsts du nord-ouest de l'Europe". *Revue de Géographie de Lyon*. 80-91.

Noguès X (2001) Le karst de Sagelva (Troms). Un cas d'école pour comprendre la formation des cours à éclipses. *Ensom Elgen. Périgord-Explo. Numéro spécial Norvège*. 3-12.

Statens Kartverk (1998) Blad 1432 IV, Salangen. Topografisk Hovedkartserie - M711; Norge 1:50 000.

Stchouzkoy T, Muxart R, Marechal M (1967) Karst de la région de Sagelva. *Spelaion Carso, Revue de Spéléologie et de Karstologie*. 5, 1-8.

Wøllo W (1991) Grotter langs Sagelva. *Norsk Grotteblad*. 21, 12-17.

Noguès X, Noiriel C (2004) Kvernmogrotta (South Troms). *Norsk Grotteblad*. 42; 43.

Commandes de copies : Norsk Grotteforbund
Postboks 1301
N-8602 MO

ngf@speleo.no
http://www.speleo.no

Kvernmogrotta (South Troms)

Xavier Noguès, Catherine Noiriel [1]

According to Corbel (1957), Kvernmoen cave[2] was first mentioned by Helland. It had already been visited by Horn (1947), and by Corbel (1957) who gave a short geomorphologic description of it. Presently, the cave is indicated on tourist information road panels but obviously, no survey has been published.

From the village of Kvernmoen, the river should be followed toward the upstream. About 1 km south of the village, we find the confluence of two torrents, with a "jordbru" passing over the west one.

Kvernmoen cave has three entrances. The first is a porch open directly in the wall of the little canyon some meters above the jordbru (X=0611021; Y=7615461; Z≈343m; UTM Zone 33W). The second is a 2 m pothole located about 10 m from the first. The third is a porch located in a fault, 15 m from the river, at the other extremity of the cave (X=0611371; Y=7615360; Z≈364m; UTM Zone 33W).

The cave has been formed in white and grey precambrian or cambro-silurian marbles.

From the top entry (the third one) to the lowest, the fault has obviously been used to enable the formative process. Over the 25 first meters, we walk in a relatively high gallery of 2 to 4 meters high. Then we find a sloped floor leading to small passages. About 30 m farther, we arrive on the top of a slope, down which runs a small stream. Staying on the top of the slope we find on the other side a small fossil gallery rapidly descending. On the left hand, a new regard on the active part can be found 5 meters down. Finally, the narrow passage arrives in a little room at the end of which is located the first entrance. The little pothole is located on the left hand in the little room.

At this date (August 11th), a noticeable wind going from the top entrance to the lowest was present in the cave. This phenomenon is not surprising given that this cave is a typical "wind tube" (Lismonde, 2002).

This cave has a total development of 120 m and a height difference of 18 m. The most remarkable aspects of it are the section of the galleries showing the slope of the marble schistosity. To conclude on this area, according to Corbel, several caves remain to survey: About 6 km in the south, the sink of the Laeigasvatnet and the related caves may be penetrable. Finally, a large amount of pit and wells may remain to explore between the Leigastinden and the Stortinden.

References

Corbel J (1957) Les karsts du nord-ouest de l'Europe. Revue de Géographie de Lyon. pp541.

Gustavson M et al. (1973) Geologisk kart over Norge, berggrunnskart NARVIK, M 1:250000. Norgesgeologiske undersøkelse .

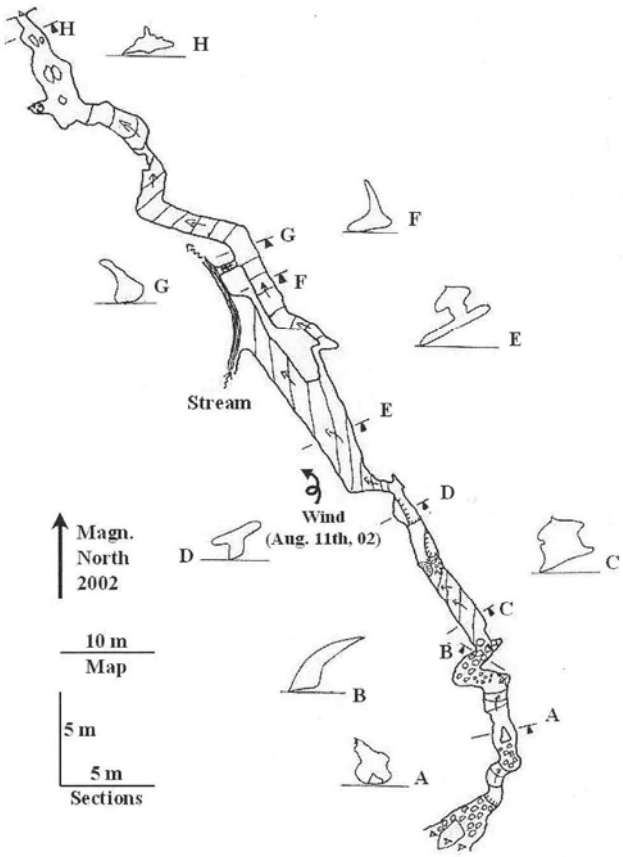
Horn G (1947) Karsthuler i Nordland. Norges Geologiske Undersøkelse Nr 165. pp77.

Lismonde B (2002) Climatologie du monde souterrain tome 2. Aérologie des systèmes karstiques. CDS Isère. pp 362.

Statens Kartverk (1998) Gratangen. Blad 1432.

Sponsor

The trip was sponsored by the Fédération Française de Spéléologie under the number 28-2002. Many thanks to Allan Bennett for editing the manuscript.



Kvernmoen Cave.

[1] Groupe Spéléologique Scientifique et Sportif AOL Périgueux Fédération Française de Spéléologie

[2] Kvernmogrotta, ifølge lokale grottere (*red*)

Noguès X. The Læigasvatn sink.
Publié sous :
Noguès X (2005) Nedløpet til Læigasvatn. ***Norsk Grotteblad*****. 45:31-33.**

Commandes de copies : Norsk Grotteforbund
Postboks 1301
N-8602 MO

ngf@speleo.no
http://www.speleo.no

The Læigasvatn sink

Xavier Noguès

The Læigasvatn cave was first mentioned by Corbel (1957), who described it as a "majestic subterranean river on which navigation is even possible". This cave is indeed majestic but fortunately good boots are more suited than any kind of boat for its exploration! The cave is located in North Nordland, 2 km from the limit with Troms (UTM 06 13 200; 76 10 350; WGS84). Mainly, the Læigasvatn lies on mica- and quartz-schist, but also on grey calcite marble (Bargel et al., 1995) dating from cambrian or cambro-silurian (Gustavson, 1973) for its eastern part.

Pict 1: The Læigasvatn (on the right), and its sink. Each arrow points one of the various enties.

The cave

At its East extremity, the Læigasvatn pours its water in an 80 m sinuous river flowing in a little V-shaped 3-5 meters deep valley (Pict. 1). Then, water enters in the 8 meters high, 14 meters wide porch of the cave (Entry 1; Pict 2). On the right hand side of the porch, water also enters in a 2 meters wide, 1 meter height entrance (Ent. 2). On the left hand side, the entrance of a fossil gallery opens, about 6 meters above the main gallery (Ent. 3). The river can be followed between marble blocks over 40 meters. At this point, another entrance is found on the left, 17 m away, after a +35 degrees slope (Ent. 4). In the ceiling, the fossil gallery arrives and forms a balcony. Using a diaclase, the river turns on the right and then to the left in a smaller conduct. Though the cave is hollowed out within compact marble, a 2 to 5 cm depth mica-schist layer constitutes the floor of this new, 45 meters long gallery. At two places in the floor, this mica-schist layer has been pierced allowing the underlying marble to be eroded on about 40 cm (between slice C and D on the survey; Pict 5 and 6). About 10 meters before the end of the gallery, this layer no longer exists, and marble has been hollowed out, up to the following mica-schist layer about 2 meters down, forming a little room. The slope of the floor (both of the gallery and of the ending room) has a 30 – 35 degrees slope from the East to the West. Curiously, a slab of the upper layer of mica-schist still exists in the terminal room hugging the western wall. At this point, the river uses this slab to cross the room two meters above the present floor (Pict 7) and then forms a waterfall just above the final sink (note the location of the river, 2 m above the floor, on slice E).

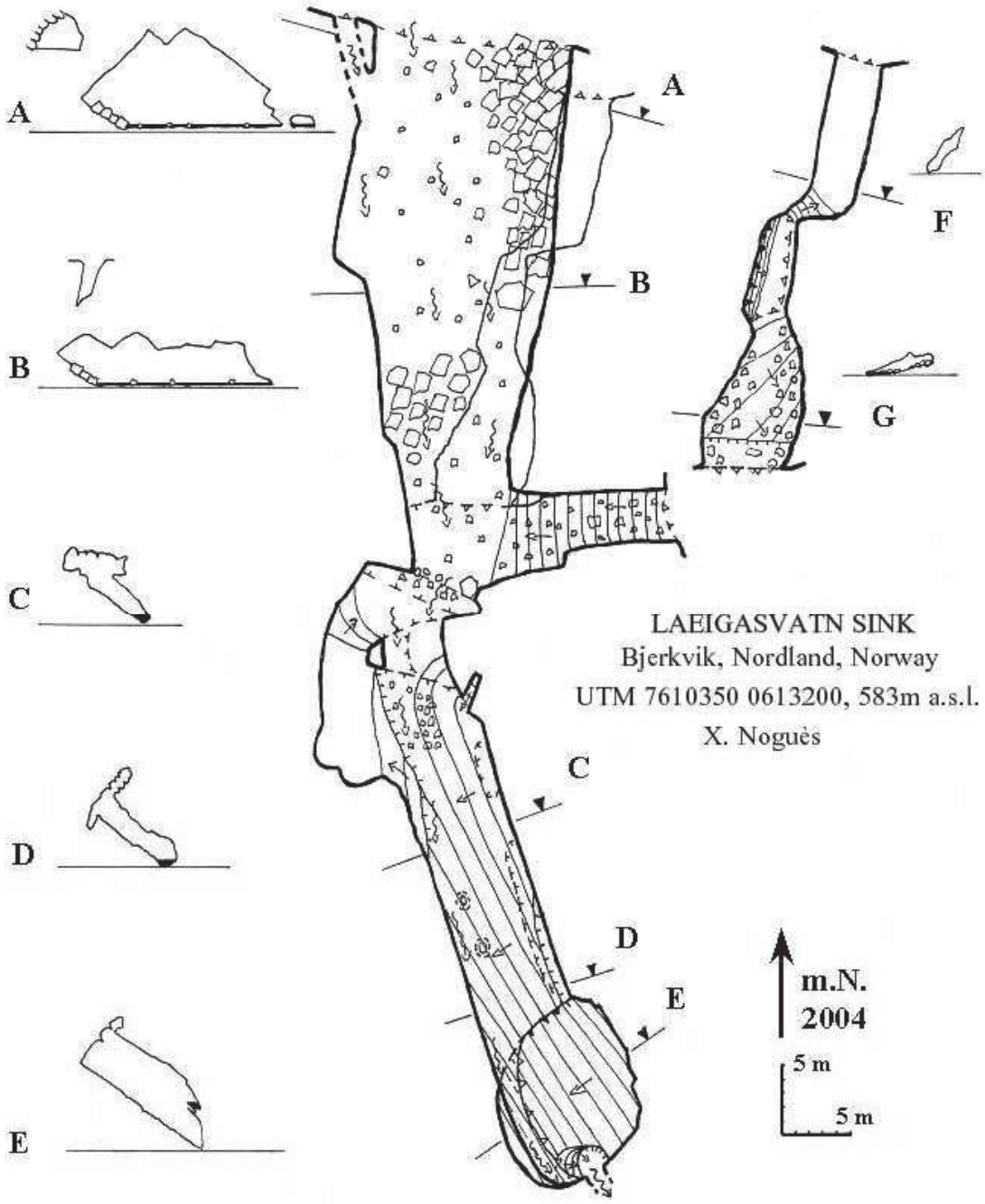
The fossil passage has lower dimensions. After about 15 meters, we arrive in an open diaclase, 3 meters from the surface (Ent. 5). Then a crawling passage leads to the ceiling of the active part.

Pict 2: The entry.

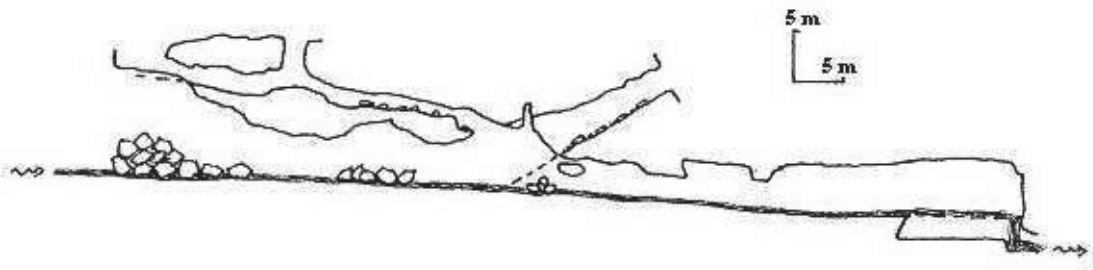
Karstologic considerations

Beyond the real beauty of this sink, this cave is quite interesting from a karstological point of view. Indeed, the (presently) final gallery with the room highlights the effect of the combined influence of the marble properties, of the tectonic events (diaclases) and of mica-schist layers on cave morphology.

Here, because of the slope of the layers, both the floor and the ceiling have almost the same slope. During a first visit, the fact that the gallery follows the isohypses and not the slope is really intriguing. A possible explanation comes from the exploration of the fossil entrance



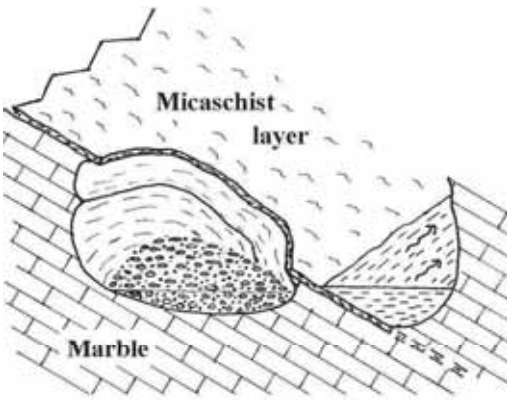
Pict 3: Survey.



Pict 4: Longitudinal projection.

(Ent. 2). Basically, the first 20 meters fossil gallery have been hollowed out thanks to a diaclase within the marble. Then, comes the wide but low passage, which is obviously not limited by mica-schist. It is possible that water, when it used this way, met the gallery coming from entry 4. Anyway, it obvious reached the final gallery at a level neighbouring the present ceiling and then used the diaclase represented on the left side of slice D (top). This diaclase may have been deepened, which process may have been stopped by the present mica-schist floor of the gallery. At this stage, we can speculate that a lateral erosion process began in the marbles above the mica-schist layer. However, at the same times a mechanical action (probably improved by the transported stones) may have pierced this layer leading to the 20-40 cm wide channel (left side of slice D, bottom). Finally, this channel would have been abandoned, the rest of the gallery becoming large enough to take all the water. The reason why the layer constituting the ceiling has been pierced without promoting the same phenomenon and why so large a hole has been dug in the final room remains to explain. However, it can be hypothesised that discontinuities in the mica-schist layer or variations in its thickness may be the cause of these phenomena. Further observations will be necessary to address this issue.

Pict 5: Picture of the hole in the mica-schist layer of the final gallery floor. The camera inside it gives the scale. The river bed is on the right hand side.



Pict 6: Diagram of one of the hole represented on Pict 5. Sand, gravel and shingle are lying in the pot, which is empty of water.

The two holes in the floor (the largest is represented on the pictures 5 and 6) were located about five to ten centimetres above the level of the river whereas their bottom is located under the river surface. However, they were empty of water. This demonstrates the perfect impermeability of the mica-schist layer. Nevertheless, it is obvious that the level of the river is higher earlier in the summer, and fills these holes. The temperature, the condensation drops present on the cave walls (in the diaclase), and the mists produced by breathing suggest that these holes have not been emptied by evaporation but by infiltration. The marble present in this cave may thus be highly permeable.

Survey

Angles (azimut and slope) have been measured using a Suunto Tandem. Distances were measured with a laser telemeter (Disto Classic, Leica) against a white target for station locations, and against the walls for the gallery shape. The survey of the loop "Ent.1 – ent.3 – open diaclase – balcony – station 2 – ent.1" allows for an estimated error to 1.2%. According to the BCRA standards, this is a grade 4 survey.

Pict7: The final waterfall (2 m height) and the river running... 2 meters above the floor on a cornice. The arrow shows a photoelectric cell (5 cm long) lying on a mica-schist layer. A second mica-schist layer can be seen about 40 cm lower.

To be continued…

When I explored the cave (end of august), the waterfall above the final sink precluded its further exploration. To my view, there is a high chance that its exploration during winter will lead to the discovery of an interesting continuation. According to the size of the Læigasvatn and to its putative variations in level, it is obvious that this sink has a high capacity of absorption. At the final point, the marble is healthy, and thanks to the mica-schist layers, the risk of being stopped by a scree is low. Finally, the presence of a siphon close to

the entry appears improbable. Indeed, the cave is slowly but permanently descending. So, during the winter, the cave (if terminated by a siphon) would form a cold air trap and the stagnant water of a siphon would rapidly and irremediably freeze.

According to Corbel, the exurgency may be located 1 km away (probably at the UTM coordinates 06 13 850; 76 09 700). It may be a little and very low cave which can be followed on several meters in the water. A glimpse to this cave during winter may also be fruitful.

Finally, the plateau between the Læigasvatn, Kvernmoen and the Høgtinden may also be prospected. Corbel notes a large number of holes, clefts and other karstic phenomenon. Though this does not give the insurance to find caves or potholes with a speleological interest, interesting karstic phenomenons are probably located to this place.

Acknowledgments

Ensom Elgen 2004 was sponsored by the Fédération Française de Spéléologie. We thank Alan Bennett for editing the manuscript.

References

Bargel TH et al. (1995) Geologisk kart over Norge, berggrunnskart NARVIK, M 1:100000. Norges Geologiske Undersøkelse.

Corbel J (1957) Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Revue de Géographie de Lyon. pp541.

Gustavson M. et al. (1973) Geologisk kart over Norge, berggrunnskart NARVIK, M 1:250000. Norges Geologiske Undersøkelse.

Statens Kartverk (1998) Gratangen. Blad 1432 III.

Noiriel C, Noguès X. Karstic phenomenons in the Linajavri area (Nordland).

Commandes de copies : Norsk Grotteforbund
Postboks 1301
N-8602 MO

ngf@speleo.no
http://www.speleo.no

Karstic phenomenons in the Linajavri area (Nordland)

Catherine Noiriel and Xavier Noguès

The results of two glimpses on the Linajavri karst are presented in this article. Basically, only one little sink has been surveyed (15 meters of development) and a pothole (about 10 meters deep) has been discovered but not explored. Though the speleological results are poor, this region contains very remarkable karstic features, including hydro-eolian formations in saccariform marbles and a tiny canyon in white marbles.

During our two expeditions in Norway (2000 and 2002), we prospected three marble areas near the Linajavri. This lake is located in the North part of Nordland at about 40 km in the North East from Fauske and 160 km in the South West of Narvik.

Basically, the first of these areas constitutes a 15 km long 300 m wide band at the East of the lake and oriented NW-SE. This karstic area was first described by Jean Corbel (1957) in his usual -but so pleaseant- emphatic style : "We are at the extreme South of this area, by 67°35' latitude North, in one of the wildest and isolated areas of Lapland, at several days of walk from the nearest habitation, in high tundra, more than ever in the land of lakes and glaciers".

The second area prolongs the first in its NW part over almost 1 km. This area which is located on the NGU map, is very little (about 1200 m^2), and was not known by Corbel.

Finally, the third area is located about 5 km at the East of the second, just on the borderline with Sweden and between the Snjakajavri (Norway) and the Vietjeojaure (Sweden).

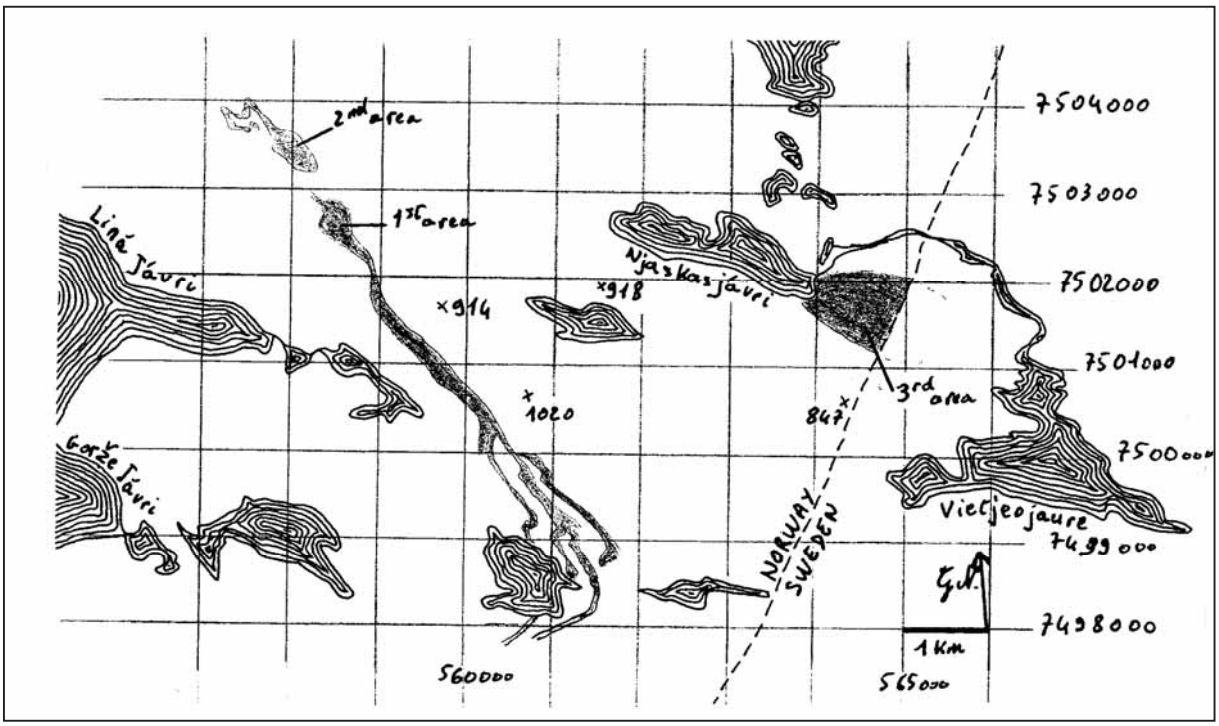


Fig. 1: Map of the place. The grey surfaces represent the 3 carbonated areas.

Geologically, these carbonated areas are, like almost everywhere in this zone, constituted by grey saccariform marbles dating from the precambrian to the cambro-silurian. These strips, bands or surfaces are located between granits and mica schists. Here, their altitudes are comprised between 700 and 800 meters.

When we went on these areas, the only publications dealing with it were those of Corbel (1957), Hawkes (1985 a and b) and Tuck (1985). The three later related the same trip of the Wessex Cave Club in 1984.

Some "interesting entrances" were noted by Hawkes (1985a) on the first area but we did not found them. All we found was a pothole of about 10 meters deep which remains unexplored (UTM 7502940N, 0558406E), some "eclipse rivers" but with impenetrable entries, some sinks and resurgences. All these observations have been reported previously (Noguès, 2001). We found the "magnificent tiny canyon" mentioned by Corbel (1957), cut into white marble and which can be followed on about 15 meters. However, it is only one meter deep and 40 cm wide.

On the second zone, we found one sink ("Boartagrotta") which can be followed on 15 meters (see figure 2). The entrance is a 5 meters deep depression in which we can find the entrance porch. We then follow a tight diaclase 3 to 4 meters high and 20 to 40 cm wide.

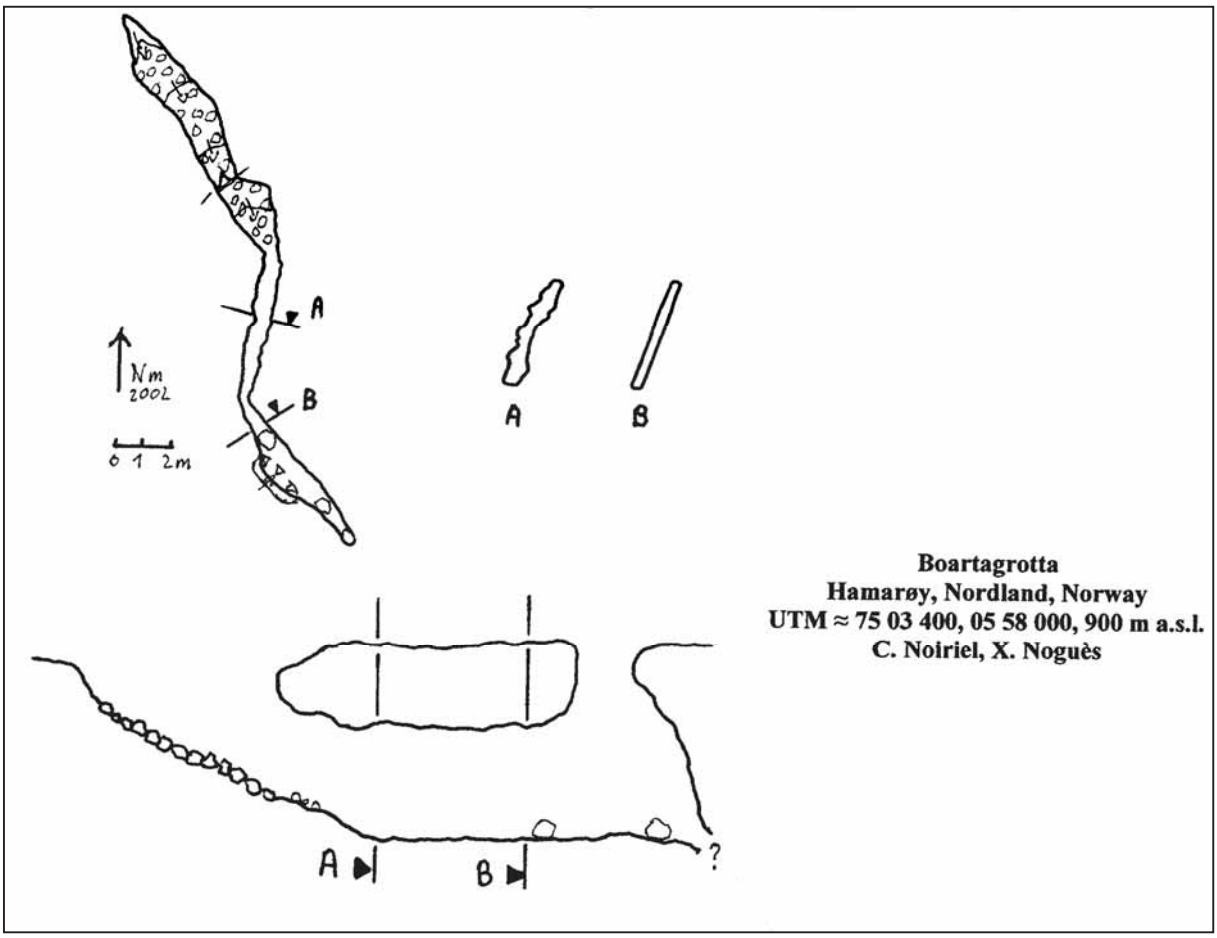


Fig. 2: Boartagrotta

Finally, we went on the third zone at the borderline with Sweden. This zone was not known by Corbel but had been visited by the WCC team. Hawkes (1985a) mentioned "promising entrances on south side of outcrop". We did not take times to explore this zone in details. Indeed, it is located below the level of the rest of the outcrop at an altitude just above the lake level thus preventing any hope of a consistent cave development. This zone is characterized by impressive rows of open diaclases (0.5 to 2 meters wide and several tenth meters long) which, to our view may be due to glacier decompression.

In the center of the outcrop, we found interesting karstic features. Some walls present noticeable grooves, and some rock faces present nice channels and cups. But the most interesting are the marble formations of hydro-eolian origin. These are mounts of about 2 to 3 meters high and 2 meters diameter constituted of saccariform marbles. These inclined mounts are oriented in the direction of the main winds. These formations may be due to the action of the rain, the wind and of the frost. But their typical inclination may result from the mechanical erosion of the marble particle and of the rain projected by the wind most of the time in the same direction.

Fig. 3: Hydroeolian formation

Aknowledgements

Many thanks to the Norges Grotte Forbund's members for their welcome and collaboration, to David Saint-Pierre for helping us in getting and up-to-dating the bibliography, and to Alan Bennett for editing the manuscript. Both expeditions ("Ensom Elgen" and "Elgene av Hulene") were sponsored by the Fédération Française de Spéléologie.

References

Corbel J. (1957) Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. Revue de Géographie de Lyon. pp541.

Hawkes N. (1985) Cave hunting in the Arctic Circle. *Cambridge Underground*. 3(5), 21-23.

Hawkes N. (1985?) Cave hunting in the Arctic Circle. *Wessex Cave Club Journal*. 18(202), 10-15.

Tuck M. (1985) Searching for caves in Arctic Norway. *Belfrey Bulletin*. 39(1)(427), 11-16.

NGU (1987) Linajavri 2230 III. Berggrunngeologiske kart. M 1:50000.

Noguès X. (2001) Le karst de Linajavrri (Nordland). *Périgord-Explo hors-série "Ensom Elgen"*. 30-34.

Statens Kartverk (1984) Blad 2230 III, Linajavri. Topografisk Hovedkartserie – M711; Norge 1:50000.

Noguès X, Noiriel C. Destinations subsidiaires et perspectives.

Destinations subsidiaires et perspectives

X. Noguès, C. Noiriel

Pour terminer cette partie relative aux explorations spéléologiques, nous nous devons d'évoquer les régions prospectées qui n'ont pas donné de résultats suffisamment importants pour justifier un article.

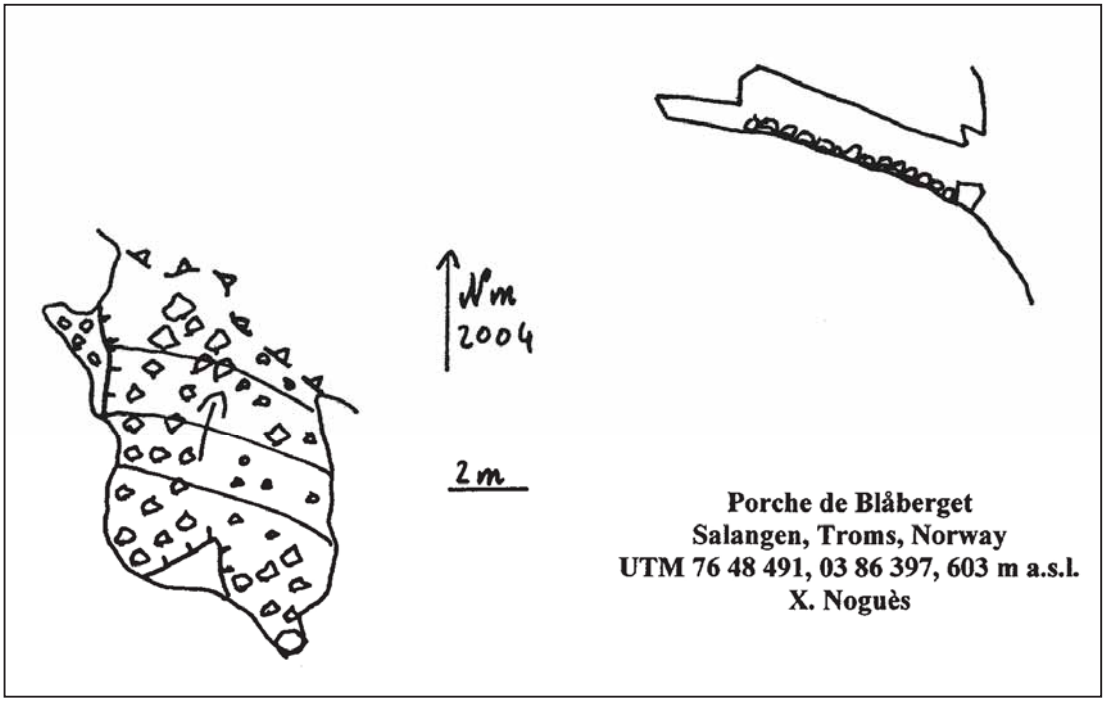
La première est celle de Børselv (Finnmark), à 70 km à l'est sud-est du Cap Nord. La seconde est celle de Blåberget, à 10 km au nord de Sagvatnet (lac dont Sagelva forme l'exutoire). La troisième est celle de Gorce Javrri, et la quatrième, celle de Kopparfjell (cf. Noguès, 2001 pour ces deux dernières).

Børselv

Aucune cavité n'a été trouvée sur ce karst constitué de marbres dolomitiques, non propices à la formation de cavités d'après les spéléos Norvégiens. Ce karst est par contre très typique. Avec peu de sol aux sommets des plateaux, il se caractérise soit par des pans de marbres fissurés verticalement et horizontalement (cf. photo dans le compte rendu journalier 2004), soit par des étendues de cailloux résultant de la gélifraction. Un autre phénomène caractéristique des ce type de karst est la formation en "tumulus" ruiniformes. Nous ne sommes ici plus dans des marbres grossiers saccharoïdes, mais dans des marbres beaucoup plus compacts se prêtant à des formes de dissolution ressemblant parfois à de la dentelle à l'échelle millimétrique ou centimétrique.

Blåberget

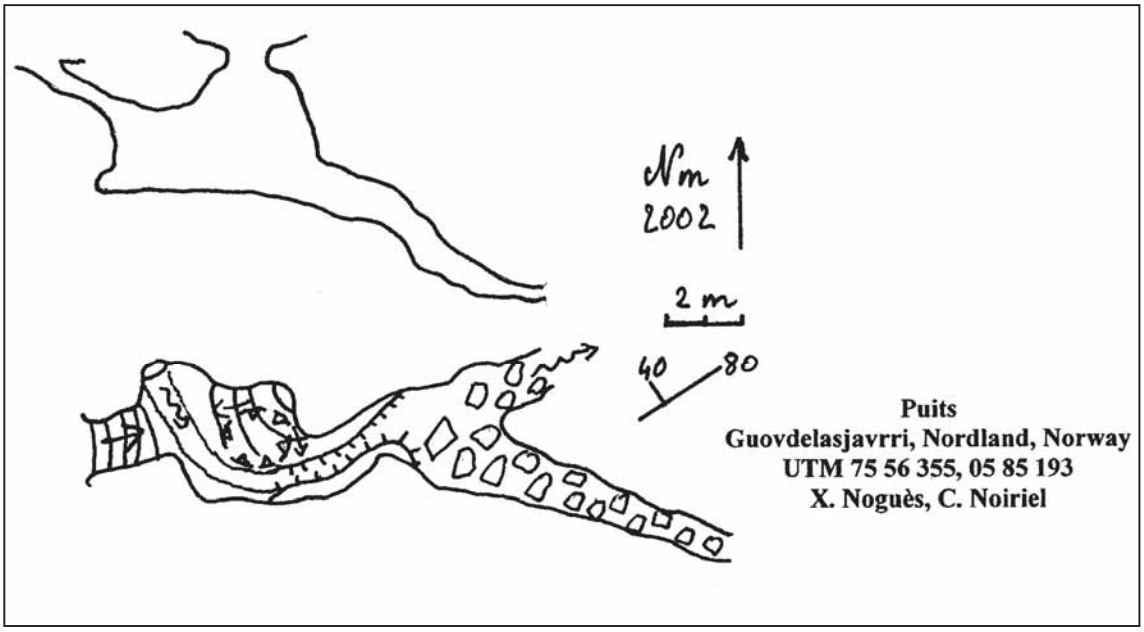
Ce plateau est constitué des mêmes marbres que Sagelva. Sa proximité avec Sagelva laissait présager des découvertes intéressantes. Hélas, la prospection a eu lieu dans un brouillard intense. Il était en effet prévu d'aller faire de la photo sur Sagelva ce jour là et Blåberget a constitué une solution de secours face à ce brouillard. Le résultat de cette prospection est un petit porche découvert durant les 10 mn d'éclaircie de la journée. Une prospection sérieuse serait donc à effectuer... par temps dégagé.



Petit porche de Blåberget

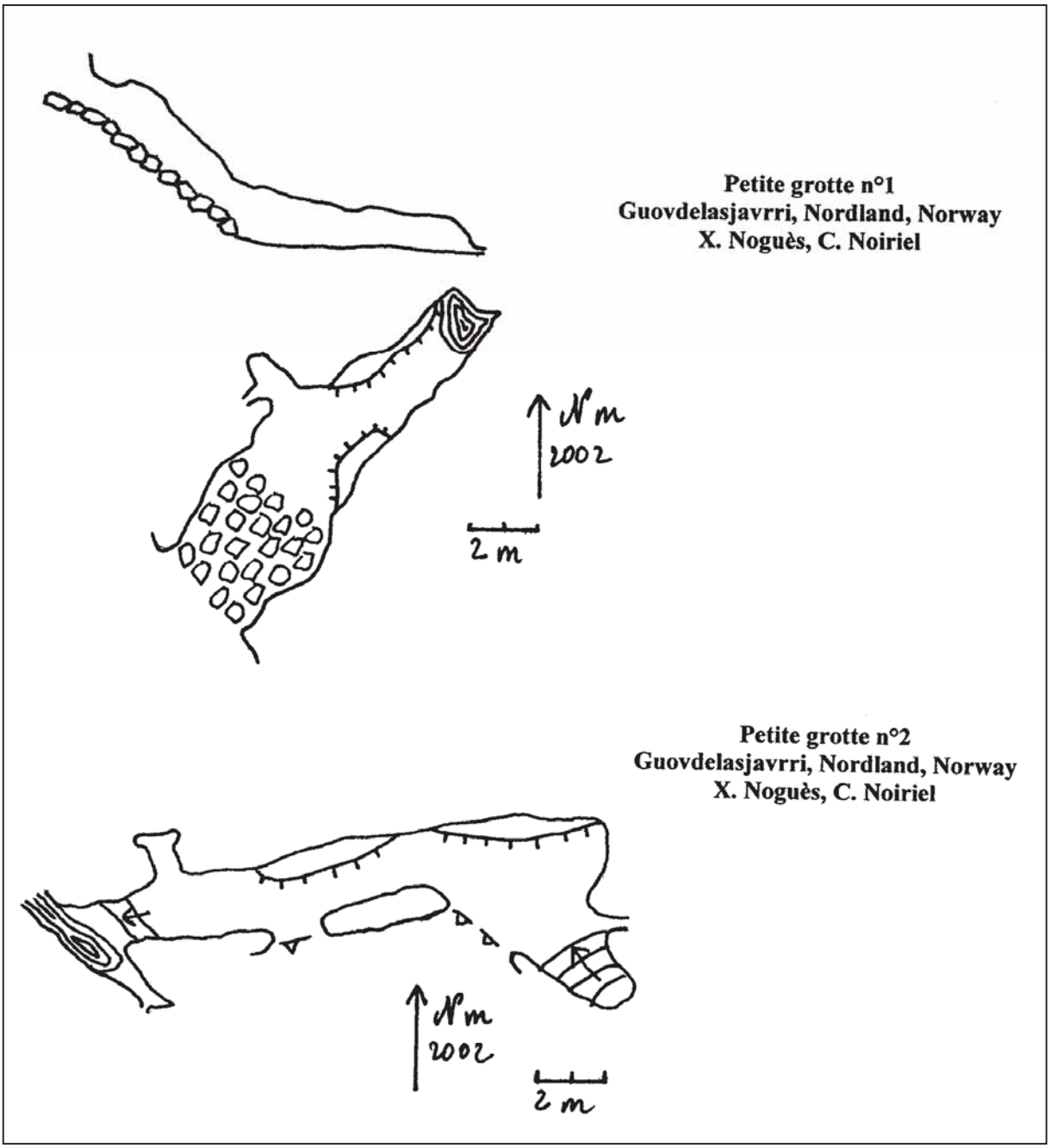
Gorce Javrri (ou Guovdelasjavrri)

Ce karst a été présenté antérieurement (Corbel, 1957; Noguès, 2001, pp 25-29). Nous sommes revenu sur ce site en 2002 (situé à 2 h de piste et 1 journée de marche) pour explorer un puits situé à la jonction entre le marbre et les micaschistes (cf. topo). A notre arrivée en 2002, le site était difficilement reconnaissable et paraissait beaucoup plus vallonné qu'en 2000... il y avait tout simplement moins de neige. Or, en 2000, la neige remplissait les petites vallées profondes de 4 à 5 mètres.



Le puits entre marbres et micaschistes

L'absence de neige nous a permis de découvrir 2 petites cavités (cf. topos). Le puits de 2000, qui était normalement situé sur une surface plane était en fait situé entre deux vallées (à cause de ce détail, nous l'avons cherché pendant plus de trois heures en 2002). Après son exploration, nous nous sommes aperçus que la petite grotte qui le prolongeait débouchait dans l'une de ces vallées.



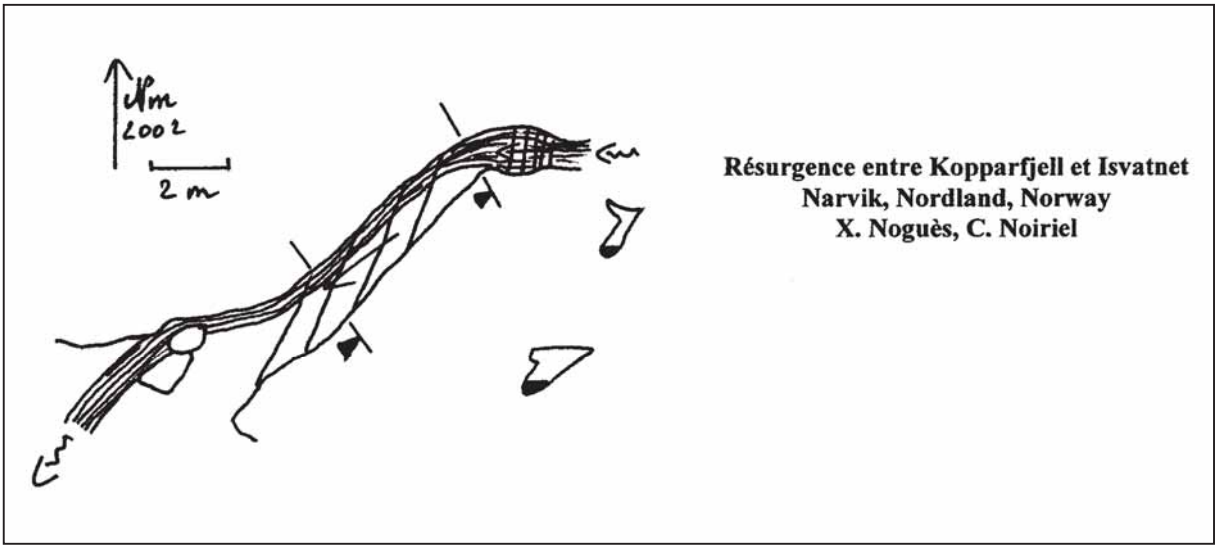
Deux cavités découvertes en 2002 sur Guovdelasjavrri

Kopparfjell et Isvatnet

Cette région a également été décrite par Corbel (1957) et Noguès (2001, pp13-24). L'objectif pour l'année 2002 était la reconnaissance d'un petit polje contenant un lac sans exutoire mais largement alimenté par plusieurs torrents (polje de Reavrremuvra; UTM 76 05 150, 03 81 750; à 2 km au sud d'Isvatnet). Une douzaine d'heures de marche sont nécessaires pour l'atteindre et revenir (par Kopparfjell; probablement moins par Isvatnet). Ce lac se déverse effectivement dans un puits-perte, à l'est du polje, que nous n'avons pas exploré. L'exploration peut s'avérer intéressante mais l'équipement doit se faire dans un porche à la voûte et aux parois très fragilisées par la gélifraction et s'annonce très aquatique. La résurgence semble avoir lieu 200 mètres plus au sud, 70 mètres plus bas.

Sur le "sentier", nous avons également repéré la résurgence d'une superbe rivière souterraine qui semble facilement pénétrable en conditions très aquatiques (UTM 76 05 550, 03 80 000). De même nous avons pu topographier un ruisselet souterrain, la résurgence d'une perte située une vingtaine de mètres plus au nord.

Enfin, notons pour l'anecdote la découverte d'un superbe couteau de chasse dans son fourreau (ramenés en souvenir), ainsi que d'un obus de 10 cm de diamètre, datant de la seconde guerre mondiale (laissé sur place... mais signalé aux autorités).



Petite résurgence entre Kopparfjell et Isvatnet

Noiriel C. (2003) L'influence du froid sur les facteurs physico-chimiques de la karstification. *Actes des Rencontres d'Octobre*. 13; 101-104.

Commandes de copies : Spéléo-Club de Paris
CAF Ile-de-France
5, rue Campagne Première
75014 PARIS

L'INFLUENCE DU FROID SUR LES FACTEURS PHYSICO-CHIMIQUES DE LA KARSTIFICATION

Catherine NOIRIEL

Le froid joue un rôle certain dans la spéléogenèse. Rôle inhibiteur ou catalyseur du développement des cavités ? Il n'est pas aisé de répondre à cette question… Il est possible d'énumérer les facteurs physiques et chimiques qui interviennent en présence du froid, mais il est difficile voire impossible de quantifier physiquement et chimiquement l'influence du froid sur le développement des cavités.

I. Facteurs chimiques

Le moteur de dissolution des roches carbonatées est l'acidité ; le dioxyde de carbone présent dans l'air et les sols, en se dissolvant dans l'eau, acidifie cette dernière.

1. Influence du froid sur la solubilité du dioxyde carbone et des calcaires

Les teneurs actuelles en CO_2 dans l'air avoisinent 0,03%, ce qui correspond à une pression partielle de dioxyde de carbone (P_{CO2}) égale à 3 10^{-4} atm. Ces teneurs ont varié légèrement au cours des temps géologiques, en fonction de la régulation exercée par les océans et la biosphère ; ces teneurs en CO_2 dans l'atmosphère varient également avec l'altitude, ainsi la P_{CO2} sera t-elle plus faible au fur et à mesure que l'on s'élève puisque la pression atmosphérique est plus faible.

Considérons un système simple composé de roche calcaire (minéral calcite), d'eau, et d'air contenant du dioxyde de carbone. Les réactions chimiques susceptibles de se produire entre les différentes espèces : solide ($CaCO_3$) aqueuses (H_2CO_3, HCO_3^-, CO_3^{2-} et Ca^{2+}) et gazeuse (CO_2) sont définies par les réactions suivantes :

$CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)} \Leftrightarrow H_2CO_{3\,(aq)}$	K_0	$10^{-1.47}$
$H_2CO_{3\,(aq)} \Leftrightarrow HCO_3^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$	K_1	$10^{-6.35}$
$HCO_3^-{}_{(aq)} \Leftrightarrow CO_3^{2-}{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$	K_2	$10^{-10.33}$
$Ca^{2+}{}_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \Leftrightarrow CaCO_{3\,(s)}$	K_{ps}	$10^{-8.34}$

(valeurs de K à 25°C d'après PLUMMER et BUSEMBERG, 1982)

Une fraction de CO_2 va réagir avec l'eau pour former de l'acide carbonique H_2CO_3, qui va ensuite s'équilibrer avec les espèces hydrogénocarbonate HCO_3^-, proton H^+ et bicarbonate CO_3^{2-}, et réagir avec le calcaire. La répartition des différentes espèces au sein de ce système calco-carbonique peut être calculée connaissant les valeurs des constantes d'équilibre K en utilisant la loi d'action des masses (voir Sigg et al., 1996 pour le détail des calculs).

Ainsi $[H_2CO_3]=K_0 * P_{CO2}$; $[HCO_3^-]=K_1 *[H_2CO_3]*[H^+]$, etc. Connaissant la P_{CO2}, il est donc possible de remonter à la quantité de calcaire qui peut être dissous.

Seulement les valeurs de ces constantes thermodynamiques varient avec la température. Aussi les concentrations des différentes espèces dans le système vont dépendre de la température. La loi de van't Hoff permet de recalculer les valeurs des constantes à différentes températures :

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{\Delta H°_R}{RT^2}$$

avec ΔH° enthalpie de réaction ; T température ; R constante des gaz parfaits.

Il est possible de faire les calculs des concentrations des différentes espèces « à la main », mais il existe aussi des logiciels de modélisation géochimique intégrant les bases de donnée des différentes réactions chimiques possibles et les valeurs de K correspondantes.

La solubilité du dioxyde de carbone (c'est-à-dire la quantité de CO_2 que l'on peut dissoudre dans l'eau, à une pression de CO_2 dans l'atmosphère fixée) est multipliée par deux lorsque la température varie de 25°C à 1°C (*figure 1*). Ainsi l'augmentation de la concentration en CO_2 dans l'eau favorise-t-elle la dissolution de la calcite (*figure 2*).

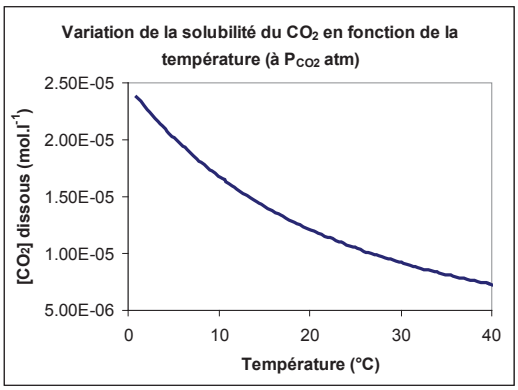


Figure 1 : influence de la température sur la solubilité du CO2 dans l'eau à pression partielle de CO_2 atmosphérique

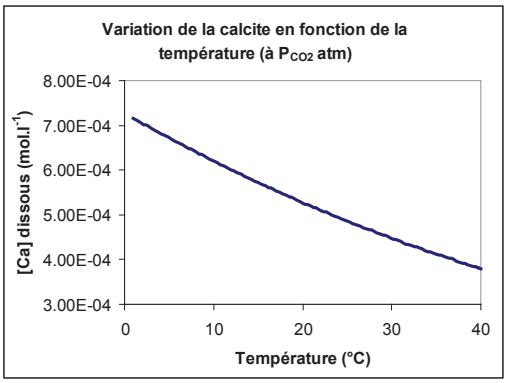


Figure 2 : influence de la température sur la solubilité du calcaire dans l'eau (à pression partielle de CO_2 atmosphérique)

Cependant, le CO_2, en plus de provenir de l'atmosphère, est produit dans les sols grâce à l'activité biologique (respiration des bactéries…) et végétale (acidification par les racines…). La pression partielle de CO_2 dans les sols est souvent beaucoup plus élevée (couramment pour une végétation bien développée P_{CO2}=0,1atm) que dans l'air. En milieu froid, la végétation est souvent peu développée, et l'activité biologique est faible. Le froid va être un facteur limitant de la teneur en CO_2 dans l'eau. Une eau de glacier, par exemple, sera en équilibre avec le seul CO_2 de l'atmosphère. En domaine périglaciaire, l'eau va être en contact avec une P_{CO2} plus importante grâce à la présence de la végétation (mousses, lichens, arbustes) et de l'humus du sol. En domaine chaud, l'activité biologique et végétale va être intense et la P_{CO2} sera très élevée. La *figure 3* compare la solubilité de la calcite à différentes valeurs de P_{CO2} pour différentes températures. On voit effectivement sur cette figure qu'une eau froide à 1°C contenant seulement du CO_2 d'origine atmosphérique est beaucoup moins agressive (mais n'est pas inerte !) qu'une eau à 25°C enrichie en CO_2 biogénique à P_{CO2} égale à 0,1atm. Cependant, une eau à 1°C aura presque la même agressivité qu'une eau à 25°C contenant dix fois moins de CO_2. Cette figure montre également que la quantité de calcaire qui va se dissoudre est largement reliée à la quantité d'eau qui circule au contact de la roche (car les concentrations sont exprimées en quantité dissoute par litre d'eau).

2. Influence du froid sur la cinétique de réaction de dissolution

Un autre facteur intervient lors de la dissolution de la roche : le facteur temps. En effet les réactions de mise à l'équilibre avec la roche vues au paragraphe précédent ne sont pas instantanées et il faut faire intervenir les cinétiques de réaction. Les réactions susceptibles d'être mises en jeu lors de la dissolution de la calcite sont les suivantes :

$$CaCO_3 + H^+ \Leftrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- \qquad (1)$$

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \Leftrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^- \qquad (2)$$

$$CaCO_3 \Leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-} \qquad (3)$$

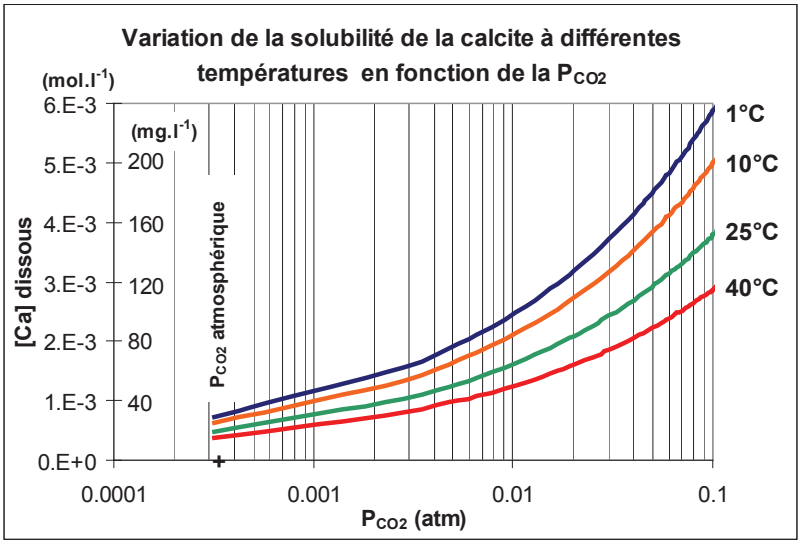


Figure 3 : influence de la pression partielle de CO_2 (atm) dans l'eau sur la solubilité de la calcite (exprimée en mol.l^{-1} et mg.l^{-1}) à différentes températures

Les équations montrent que les vitesses de dissolution des calcaires sont fortement dépendantes de l'acidité du milieu et de la concentration en CO_2 dissous. La vitesse globale de réaction, qui dépend de la constante cinétique k de chaque réaction, est :

$R = k_1 [H^+] + k_2 [CO_2] + k_3 - k_{-3} [Ca^{2+}] [CO_3^{2-}]$

Cette vitesse R n'est pas constante au cours du temps et évolue au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'équilibre avec la roche (R diminue à cause de la consommation de H^+ et du CO_2). Mais en plus de modifier les équilibres, la température influence aussi les vitesses de réaction de dissolution de la calcite.

Les constantes k varient avec la température suivant la loi d'Arrhenius :

k=Aexp(-Ea/RT) avec A facteur de fréquence, Ea énergie d'activation, T température et K constante des gaz parfaits.

On voit par cette relation que k diminue avec la baisse de température, ce qui fait que les eaux vont mettre plus longtemps pour s'équilibrer avec la roche. C'est la raison pour laquelle il n'est pas rare en milieu froid de rencontrer des eaux sous saturées vis-à-vis de la calcite.

II. Facteurs physiques

Parallèlement à l'action chimique, les facteurs physiques contribuent à une évolution morphogénétique particulière en milieu froid.

1. Le rôle du gel

a. Fracturation de la roche

L'eau pénétrant dans les pores et micro-fissures sous l'action du gel va augmenter de densité, la pression s'exerçant alors sur les parois ayant pour conséquence de faire éclater la roche. Cette désagrégation mécanique dépend beaucoup des caractères pétrographiques de la roche, et peut s'observer à l'échelle granulaire et à l'échelle du bloc. La cryoclastie (ou gélifraction) favorise l'ablation du couvert rocheux, donc l'érosion mécanique, mais peut aussi provoquer la destruction de cavités.

b. Influence du permafrost

Sous les climats froids, les températures très basses peuvent conduire au gel total du sol sur

plusieurs dizaines de mètres. En présence de permafrost, la circulation des eaux souterraines est totalement paralysée. Le creusement des cavités est impossible. Lorsque de courtes périodes de réchauffement en surface apparaissent, le niveau du permafrost peut s'abaisser. Des cavités et autres formes de karstification peuvent alors se former à proximité de la surface (karst épidermique). L'abaissement successif du niveau du permafrost au cours des épisodes de réchauffement conduirait à la formation des cours d'eau en pointillés (Corbel, 1957).

2. Rôle des glaciers

a. Paralysie/pérennisation des écoulements

En période de glaciation, les eaux sont retenues au niveau du glacier et l'absence de circulation des eaux en surface empêche toute dissolution de la roche. De même des bouchons temporaires de glace à l'entrée des grottes empêchent les eaux de s'écouler à l'intérieur. Par contre, lors des périodes de déglaciation, la quantité d'eau emmagasinée dans les glaciers (parfois plusieurs millions de m^3 d'eau gelée) va alimenter de façon durable le ruissellement et la circulation des eaux, ce qui peut conduire rapidement à la formation de cavités (cas des écoulements sous glaciaires (Lauritzen, 1986))

b. Erosion mécanique

On a vu précédemment qu'en présence de permafrost, le développement du karst restait superficiel. La présence de glacier en avançant conduit à une érosion superficielle massive de la roche. Ainsi les glaciers peuvent ils contribuer à la mise à jour de cavités formées à proximité de la surface voire à leur destruction.

c. Décompression

Le volume d'eau contenu dans un glacier étant considérable, la contrainte verticale exercée par ce dernier sur le sol est très grande. La roche très fortement comprimée en présence de glacier peut subir des phénomènes de décompression lors de leur retrait ; ainsi il est possible que des diaclases se forment sous l'effet d'un retrait de glacier et servent de chemins préférentiels pour les écoulements.

d. Variation du niveau eustatique

On soulignera que le froid peut jouer un rôle sur le développement des cavités situées…sous d'autres latitudes. En effet, un des moteurs de la karstification est le gradient hydraulique. Une baisse du niveau de la mer dû au stockage massif de l'eau sur les continents génère une augmentation du gradient hydraulique, favorisant le creusement dans les roches.

Il difficile de conclure si le froid joue un rôle défavorable ou favorable sur la spéléogenèse ; il existe des facteurs favorables, d'autres sont défavorables. Chaque cas est certainement unique et doit être considéré en tenant compte des facteurs climatique, géologique et hydrogéologique qui s'exercent localement.

Bibliographie

Corbel J. (1957) Karst du Nord Ouest de l'Europe et de quelques régions de comparaison. Etude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires. Revue Géographique de Lyon, hors série

Lauritzen S.E. (1986) Kvithola at fauske, northern Norway: an example of ice-contact speleogenesis. Norske Geol. Tidsskr. 66, pp 153-161

Plummer et Busemberg (1982) The solubility of calcite, aragonite and vaterite in CO2-H2O solutions between 0 and 90°C, and an evaluation of the aqueous model for the system CaCO3-CO2-H2O. Geochemica and Cosmochemica Acta, vol. 46, pp 1011-040

Sigg L., Stumm W. et Behra P. (1996) Chimie des milieux aquatiques. Masson

Noiriel C, Noguès X (2003) Le rôle du froid dans le développement des cavités en Norvège septentrionale. *Actes des Rencontres d'Octobre*. 13; 105-107.

Commandes de copies : Spéléo-Club de Paris
CAF Ile-de-France
5, rue Campagne Première
75014 PARIS

Le rôle du froid dans le développement des cavités en Norvège septentrionale

Catherine Noiriel et Xavier Noguès

Introduction

En 2000 et 2002, deux expéditions spéléologiques[1] ont été menées dans la partie Nord de la Norvège. Ces expéditions ont été suscitées par la lecture de la thèse de J. Corbel (1957) qui semblait à la fois montrer que le froid était un facteur favorable à une karstification rapide et importante, mais en même temps qu'il prévenait la formation de cavités conséquentes. Par ailleurs, bien que rares, quelques grandes cavités ont été découvertes dans la région même où Corbel avait effectué ses observations. Nous avons profité de ces deux expéditions pour revenir sur les lieux et tenter de comprendre ce paradoxe apparent.

1. Contexte géographique et géologique

Les régions étudiées sont localisées à une distance comprise entre 100 et 300 km au Nord du cercle polaire arctique (entre 67° et 69° de latitude Nord). Administrativement, elle comprend la partie Nord du comté de Nordland et le Sud de celui du Troms.

Le climat est, dans cette région, subarctique avec des précipitations océaniques d'environ 1000 mm par an et une température moyenne de 5°C. Les précipitations hivernales se font essentiellement sous forme de neige, dont la fonte estivale vient alimenter les cours d'eau et torrents. De ce fait les débits sont très variables tout au long de l'année.

Sur les plateaux, la végétation est clairsemée de type toundra avec quelques arbustes (bouleaux nains). Les sols sont très peu développés (horizon humique d'épaisseur décimétrique), voire absents (roche mère affleurante). En descendant dans la vallée, la végétation est plus développée ; on y trouve des forêts de bouleaux et d'épicéas. Le sol reste peu épais sur les parties exposées, mais l'est un peu plus dans les dépressions et cuvettes (horizon humique d'environ 50 cm).

Les cavités se développent dans des marbres le plus souvent grossiers. Ces marbre gris-bleu d'âge pré-cambrien à cambro-silurien forment des capsules ou alternent avec des bandes de micaschistes à grenats. Ces formations reposent sur un socle cristallin d'âge pré-cambrien.

2. Un pouvoir de karstification important

Le contexte climatique de la région favorise la dissolution des roches carbonatées. En effet les précipitations sont abondantes, et le froid accroît le pouvoir dissolvant du dioxyde de carbone sur la roche (Noiriel, 2003), même si l'on peut penser que les concentrations en CO_2 sont faibles dans les sols, ceci étant dû à la faible épaisseur de ces derniers.

Photo 1. Désagrégation mécanique de marbres sacharoïdes

[1] Les expéditions "Ensom Elgen" (2000) et "Elgene av Hulene" (2002) étaient parrainées par la FFS.

On distingue les deux types majeurs d'érosion :

a) une érosion mécanique, liée à des précipitations importantes, au vent, à un ruissellement abondant lors de la fonte des neiges, et à l'action du gel au niveau de la roche affleurante et des grains de ces marbres grossiers.

Sous l'action du gel, l'eau pénétrant dans les microfissures et les zones poreuses de la roche augmente de densité et fracture cette dernière (cryoclastie), conduisant à une désagrégation de la roche. La désagrégation s'observe à l'échelle granulaire, au niveau des joints de grain des marbres saccharoïdes, ce qui rend la surface rocheuse rugueuse (*photo 1*). Elle s'observe également à l'échelle du bloc, on retrouve au niveau des affleurements des blocs de marbre anguleux de taille centimétrique à pluri décimétrique.

Des figures d'érosion hydro-éoliennes orientées dans le sens du vent dominant (*photo 2*) ont également été observées dans les marbres.

Photo 2 : figure d'érosion hydro-éolienne, région de Linnajavri

b) une érosion chimique liée à la dissolution de ces roches carbonatées par les eaux qui s'écoulent à leur surface. On retrouve aussi au niveau des parois de grotte ou dans les cours d'eau les surfaces lissées de ces marbres grossiers liées à une dissolution homogène de la roche.

Photo 3 : figure d'érosion différentielle, le "champignon"

L'érosion dans cette région est importante, comme en témoigne la présence de "champignons" trouvés sur le plateau de la Sagelva (*photo 3*).

Les champignons, développés sur les marbres, sont formés d'un pied en marbre surmonté par un bloc de micaschiste à grenats. Ce phénomène géologique résulte d'une érosion différentielle, entre la roche exposée aux intempéries et la roche protégée par un « couvercle » de micaschiste. Trois « champignons » ont été recensés sur le plateau, néanmoins les hauteurs de leur pied sont variables et on trouve aussi des blocs de micaschistes à même le sol. Cela

peut signifier que, soit les vitesses d'érosion sont localement différentes, à la faveur du ruissellement ou de l'exposition aux intempéries, soit ces formes ne se sont pas développées en même temps. En effet le développement de ces formes peut s'initier à différents moments, étant données qu'elles peuvent se détruire assez vite. On remarque ainsi sur la *photo 3* la fissuration du pied. Sous le poids du bloc de micaschiste, la contrainte verticale est très importante alors que la contrainte horizontale est nulle, d'où le début de fissuration du pied qui s'achèvera un jour par la rupture de celui-ci et le retour du bloc de micaschiste sur le sol.

3. Facteurs limitant le développement des cavités

Malgré le contexte physico-chimique favorisant la karstification, les cavités observées dans plusieurs régions (vallée de la Sagelva, Gorcejavri, Linnajavri) sont de petite taille et ont un développement limité. Le développement du karst est épidermique. Plusieurs facteurs sont évoqués. Corbel (1957) ayant décrit les karsts du nord-ouest de l'Europe, invoque la présence du permafrost comme élément limitant du creusement vertical des cavités, le sol gelé ne permettant qu'une extension horizontale des cavités sur plusieurs niveau à la faveur des périodes de gel-dégel (*figure 1*).

On peut aussi penser à l'action érosive des glaciers ayant recouvert la majorité de la Scandinavie au cours des périodes glacières à l'Holocène. En effet la présence des glaciers viendrait balayer le développement superficiel des cavités. On peut ainsi penser que les cavités observées se sont formées très récemment.

4. Observations sur le développement des grandes cavités en Norvège Septentrionale

Certaines cavités norvégiennes ont cependant un développement vertical et horizontal très important : Stordalsgrotta (68°35' N) avec 2000 m de développement et 260 m de dénivelé, le Raggejavri-Raige (67°60 N) développement : 1900 m ; dénivelé 620 m et le système Trolldalsgrotta - Tjuvsprekka, actuellement en cours d'exploration, développement : 15 km. Si le développement de ces cavités a été permis par un contexte tectonique favorable (fracturation importante), on notera que le contexte géologique semble jouer un rôle important. On soulignera les rôle potentiellement protecteur des formations métamorphiques (micaschistes, gneiss…) intercalées ou surmontant les bandes de marbres. La présence de ces roches très résistantes à l'érosion mécanique et chimique, outre le fait qu'elles peuvent drainer les eaux précipitées, jouent ainsi un rôle protecteur des cavités sous jacentes se développant dans le marbre.

4. Conclusion

Le froid joue ici un double rôle dans la spéléogénèse. D'un coté il favorise l'érosion des roches carbonatées par action mécanique et chimique. De l'autre, il restreint le développement des cavités et peut même contribuer à leur destruction. Le permafrost freine considérablement le creusement des cavités et la présence éventuelle de glaciers sur des cavités néoformées vient éroder ces dernières. La présence protectrice de roches métamorphiques silicatées sur les marbres peut néanmoins permettre le développement de cavités importantes.

Bibliographie

Corbel J. 1957. Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe et quelques régions de comparaison; étude sur le rôle du climat dans l'érosion des calcaires. Rev. Géog. Lyon, hors-série

Dougherty SH.1996. Coarvvekraigi, a new cave system. Cave & Caving, 74. 13.

Holbye. 1985. Nork Grotteblad. 15. 6-13.

Lauritzen SE, Kyselak J, Lovlie R. 1985. A new survey of Raiggejavri-Raigi and the Hellemofjord karst, Norway. Cave Science 18(3), 131-137.

Vokac.1996. Exploration of the Trolldalen cave Trolldalsgrotto. Cave & Caving, 73. 13-16.

Noguès X (2004) Concrétions dans les marbres en Norvège Arctique. *Actes des Rencontres d'Octobre*. 14; 67-70.

Commandes de copies : Spéléo-Club de Paris
CAF Ile-de-France
5, rue Campagne Première
75014 PARIS

Concrétions dans les marbres en Norvège Arctique

Xavier Noguès[2]

Résumé

Un ensemble d'observations effectuées au nord de la Norvège suggère que le concrétionnement dans cette région est conditionné par la densité de la végétation en surface et par la durée du parcours de l'eau dans les marbres. Une hypothèse plus spéculative sur le rôle des micaschistes dans la localisation des concrétions est proposée.

Introduction

Les grottes des régions sub-arctiques ne sont pas caractérisées par la richesse de leur concrétionnement. Lors de nos trois expéditions au nord de la Norvège, les observations de concrétions que nous avons pu faire se sont effectivement avérées rares. Cette rareté ainsi que leur confinement dans certaines zones incitent à penser qu'un certain nombre de facteurs détermine leur formation ou éventuellement leur conservation. Dans cet article, nous décrirons les concrétions rencontrées ainsi que les conditions environnementales, d'une part des cavités dans lesquelles elles se situent et d'autre part de leurs emplacements dans les cavités. Etant donné le nombre de cavités visitées, les observations citées n'ont pas de prétention statistique mais seront utilisées pour formuler quelques hypothèses sur les facteurs susceptibles de déterminer la présence ou l'absence de concrétions dans ces régions.

Situation géographique et cadre géologique

Les grottes dont il est question dans cet article sont situées entre 67° et 69° de latitude nord, c'est-à-dire entre 100 et 300 km au Nord du cercle polaire arctique. Administrativement, ces grottes sont situées au sud du Comté de Troms et au nord de celui du Nordland.

Les roches carbonatées se présentent sous la forme de marbres saccharoïdes le plus souvent gris, d'âge Cambrien à Cambro-silurien. Ces bancs de marbres de quelques mètres d'épaisseur sont intercalés avec des micaschistes de quelques centimètres d'épaisseur. Enfin, on peut également les trouver intercalés ("entrelardés" selon Corbel) avec des gneiss.

En basse altitude près des côtes, la végétation des régions karstiques est en général très dense et est dominée soit par les plans de myrtilles soit par les "saules des lapons" et fougères. Dans les deux cas, on trouvera également des tapis de mousses ou des herbes hautes ainsi que des bouleaux de petite taille. L'épaisseur du sol y est très variable, en général plusieurs dizaines de centimètres, mais les "fissures" remarquées par Corbel (1957) peuvent également être remplies de végétaux en décomposition et atteignent parfois plusieurs mètres de profondeur. Au-delà de 500 m d'altitude, la toundra (mousses, lichens...) remplacera cette végétation dense. L'épaisseur du sol se limite alors à quelques centimètres maximum ; il est même parfois absent, laissant la roche mère affleurer.

Les concrétions rencontrées et leur localisation sur les parois

Des concrétions ont été rencontrées dans trois cavités distinctes ("Lutgrotta", "Store Sagelva" et la "grotte des deux porches"), toutes localisées dans un rayon d'un kilomètre, sur les rives de Sagelva (commune de Sjovegan, sud Troms; Wøllo, 1991).

[2] Groupe Spéléologique Scientifique et Sportif.
x.nogues@lnc.u-bordeaux1.fr

Pour l'essentiel, ces concrétions sont constituées de fistuleuses, petites stalactites, petites draperies, dépôts de calcite et mondmilch.

- Fistuleuses (Fig. 1), stalactites (Fig. 2) et draperies. Des fistuleuses et de petites draperies (quelques centimètres de long) ont été rencontrées dans les trois cavités. Quelques petites stalactites ont été observées mais uniquement dans la grotte des deux porches. Dans les trois grottes, ces trois types de concrétions sont regroupés en quelques sites préférentiels. Le plus souvent, elles sont rigoureusement alignées révélant l'existence de chemins préférentiels pour l'écoulement. Nous n'avons pas pu vérifier s'il s'agissait de fractures dans le marbre ou de rupture locale d'une couche de micaschistes mais l'aspect rectiligne semble plaider en faveur de la première hypothèse.

Fig. 1. Fistuleuses et petite draperie. Grotte des deux porches.

Notons que les stalactites (grotte des deux porches) ainsi que le dépôt de calcite qui entoure leur base sont hérissés de petites excroissances de calcite (billes de 1 à 5 mm de diamètre; Fig. 2b) rappelant les "choux-fleurs" mentionnés par Gèze (1965).

- Dépôts de calcite. Des dépôts de calcite de quelques millimètres d'épaisseur ont été observés dans les trois cavités. Pour Store Sagelva et la grotte des deux porches, ces dépôts ont eu lieu au plafond (Fig. 3) soit sous forme de plaques de plusieurs décimètres de coté suggérant qu'elles se sont formées à partir d'eau arrivant de façon diffuse et non canalisée comme c'était le cas pour les fistuleuses, stalactites et draperies, soit le long de ces fissures (le dépôt ayant alors 3 à 5 cm de large pour plusieurs décimètres de long).

Fig. 2. Stalactites de la grotte des deux porches

a) Vue d'ensemble.

b) Gros plan montrant les formations en "billes" sur le concrétionnement initial.

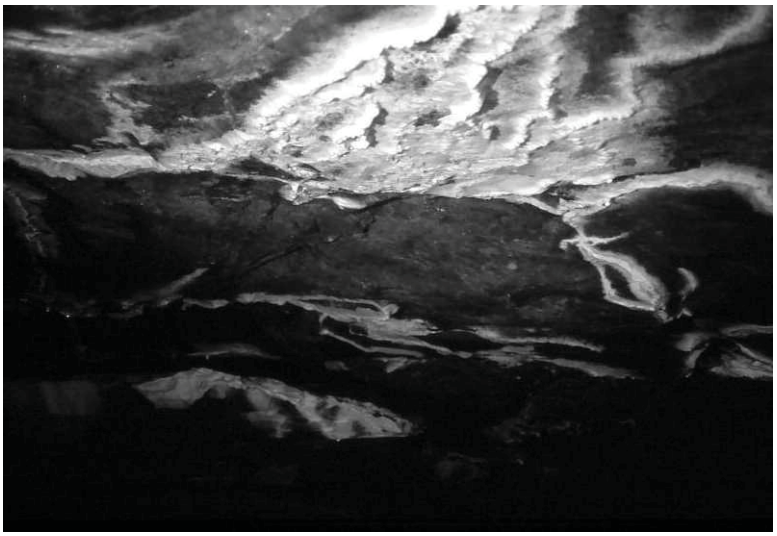


Fig. 3. Dépôt de calcite au plafond. Store Sagelva.

A Lutgrotta, c'est sur une paroi inclinée non surplombante qu'ont été remarqués les dépôts de calcite (Fig. 4). Celui-ci est relativement homogène sur certaines surfaces et forme des microgours (1 à 2 cm de long pour 0,5 cm de large et 1 à 2 mm de profondeur; Fig. 5; cf. Gèze, 1965) sur d'autres. Cette localisation révèle une formation par l'écoulement de l'eau sur la paroi, à l'opposé des dépôts observés à Store Sagelva et aux deux porches.

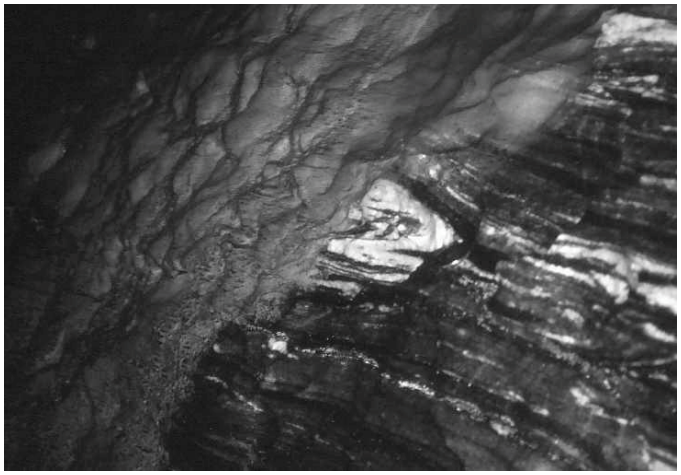


Fig. 4. Dépôt de calcite contre la paroi de marbre gris. Lutgrotta.

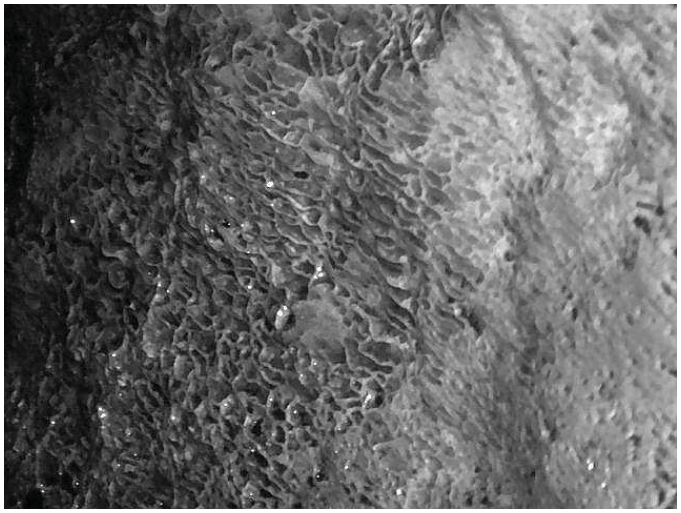


Fig. 5. Microgours de Lutgrotta.

- Mondmilch. Un dépôt de mondmilch d'un à deux centimètres d'épaisseur a été observé à Lutgrotta sur une paroi surplombante (45°) de la cavité. La taille du "panneau" recouvert est de plusieurs décimètres de cotés. Nous ne pouvons cependant pas dire s'il s'agit de "vrai" mondmilch (concrétionnement) ou d'une décomposition de calcite.

Cavités concrétionnées; cavités non concrétionnées

Comme nous l'avons vu, nous n'avons rencontré de concrétions que dans trois cavités. Un premier facteur qui semble déterminer la présence de concrétions est le type de végétation recouvrant la zone susceptible d'alimenter la cavité par infiltration. En effet, les zones correspondant aux trois cavités concrétionnées sont actuellement recouvertes d'une végétation dense. Inversement, nous n'avons trouvé de concrétions dans aucune des cavités recouvertes de toundra. Cette hypothèse est cependant relativement triviale puisque l'on sait que le concrétionnement n'est possible que si l'eau qui est à son origine a pu se charger en calcium lors de son passage à travers la roche carbonatée. Or, c'est la teneur en dioxyde de carbone, le plus souvent acquise lors de sa traversée des couches de végétation en décomposition, qui permet la dissolution de la roche. Bien que l'on ne sache pas quel a été l'état de la végétation par le passé, on peut supposer que la densité relative de la végétation selon le secteur a été conservée. Les concrétions observées ont cependant un aspect relativement récent.

Commune	Zone	Grotte	Concrét°	Dév^{nt} visité	Etat	Végétation	Voûte/surf.
Kvernmo	Sud	Kvernmo	-	140 m	Act./fos.	Bouleaux/herbe	1-5 m
Sorfjord	Linnajavri	Perte	-	16 m	Actif	Toundra	1-2 m
Skjomen	Gorce Javri	3 cavités	-	50 m	Actif	Toundra	1-2 m
Bjerkvik	Laeigasvatn	Perte	-	130 m	Act./fos.	Toundra	2-15 m
Sjovegan	Plateau	G^{tes} Sud	-	20 m	Fossile	Toundra	1 m
Sjovegan	Plateau	Perte	-	60 m	Actif	Toundra	1-2 m
Sjovegan	Plateau	Résurge.	-	60 m	Actif	Toundra	1-3 m
Sjovegan	Baklia	Baklia	-	120 m	Actif	Bouleaux/herbe	2-4 m
Sjovegan	Canyon	Tunnel	-	50 m	Actif	Myrtilles/boul^{x}	3-6 m
Sjovegan	Aval pont	Rubish	-	100 m	Actif	Myrtilles/boul^{x}	3-4 m
Sjovegan	Aval pont	Lita	-	50 m	Actif	Herbe/boul^{x}	1-2 m
Sjovegan	Aval pont	2 porches	+	75 m	Actif	Myrtilles/boul^{x}	2-5 m
Sjovegan	Aval pont	Store Sag.	+	120 m	Actif	Myrtilles/boul^{x}	10-15 m
Sjovegan	Aval pont	Lutgrotta	+	350 m	Actif	Myrtilles/boul^{x}	5-10 m
Sjovegan	Aval pont	Bildekk	-	150 m	?	Roche nue	1-2 m
Takvatnet		Takvatnet	+	20 m	Actif	Myrtilles/boul	10-20 m

Un second facteur qui semble déterminer la présence de concrétions concerne la distance que l'eau d'infiltration parcourt dans le marbre avant d'arriver dans la cavité ou plus exactement la durée de son séjour dans le marbre. En effet, Lutgrotta et Store Sagelva ont une épaisseur de voûte relativement importante. La grotte des deux porches qui, pour sa part, ne présente qu'une épaisseur de voûte relativement faible, est située entre le plateau de Sagelva et le canyon collecteur. Or, les concrétions de cette cavité sont précisément situées dans la partie qui longe le canyon et non dans celle qui lui est perpendiculaire. Ce facteur est plus surprenant que le premier puisque l'on observe assez couramment en milieu plus tempéré des concrétions de taille comparable à celle observées ici dans certaines caves dont la voûte est située à moins d'un mètre de la surface. Collignon (1988) note d'ailleurs que les zones les plus concrétionnées sont celles situées "immédiatement sous la zone d'infiltration", dans la zone de subsurface. Une explication probable est liée à la très haute perméabilité des marbres locaux.

En effet, lors d'une étude de marmite située à quelques centaines de mètres de ces cavités concrétionnées, nous avons pu observer que celle-ci se remplissait uniquement par infiltration en moins d'une heure (débit supérieur à 5 litres par heure). La dissolution des carbonates est fonction de la température mais également, au moins tant que l'eau n'a pas atteint la saturation, du temps de contact avec la roche. Ainsi, il est possible, qu'étant données la forte perméabilité du marbre local et la faible température, la traversée du marbre soit trop rapide pour permettre une dissolution suffisante si son épaisseur est trop faible.

D'autres facteurs peuvent au contraire limiter le concrétionnement. Tunnel Grotta par exemple présentait les caractéristiques susceptibles de favoriser son apparition. La zone profonde de cette cavité fonctionne cependant en conduite forcée lors des crues très fréquentes et il est probable que l'intensité du gel combiné à l'humidité importante suffit à prévenir la genèse des concrétions. Nous serions alors dans le cas assez exceptionnel de désagrégation complète de la concrétion par le gel, cité par Choppy (2003).

Enfin, au niveau plus local, et bien que nous n'ayons pas d'observations précise confortant cette hypothèse, il est probable que les discontinuités, irrégularité de forme et d'épaisseur des couches de micaschistes sont des facteurs importants qui déterminent les parties des cavités qui seront concrétionnées. Celles-ci peuvent effectivement canaliser les écoulements dans les marbres, freiner l'écoulement, voire éventuellement contribuer à stocker temporairement une certaine quantité d'eau dans le marbre, lui permettant ainsi de se charger en carbonates.

Les conclusions issues de ces observations doivent cependant être relativisées. En effet, non seulement les cavités dans lesquelles ont été observées ces concrétions ne sont que trois, mais en plus, elles sont toutes localisées dans un périmètre restreint (1 km de diamètre). L'étude de nouvelles cavités concrétionnées localisées dans d'autres secteurs sera donc nécessaire pour confirmer, infirmer ou préciser ces hypothèses.

Conclusions

En résumé, les deux facteurs qui semblent conditionner la formation de concrétionnement dans les cavités de cette région sont l'abondance de la végétation au-dessus de la cavité et une certaine épaisseur minimale de roche à traverser (entre le sol épigé et la voûte de la cavité). Le premier facteur semble donc rester assez trivial. La seule présence de toundra (dont l'épaisseur du sol ne dépasse pas quelques centimètres) n'est apparemment pas suffisante pour permettre la dissolution requise.

Pour le second, il serait intéressant de préciser et de vérifier les fondements théoriques de l'hypothèse selon laquelle le temps que l'eau passe en contact avec le marbre dans ces conditions particulières de température est un facteur déterminant. Il serait alors nécessaire d'effectuer une étude thermodynamique des échanges calco-carboniques prenant en considération les paramètres spécifiques à cette région. Notamment, celle-ci devrait tenir compte des spécificités du marbre local (perméabilité, solubilité) et des conditions de température qui peuvent être rencontrées localement. La multiplication des observations pourrait alors apporter une mise à l'épreuve statistique de cette hypothèse.

Enfin, l'hypothèse encore spéculative de l'influence des couches de micaschistes sur la répartition du concrétionnement reste à étayer par des observations.

Remerciements

Les expéditions "Ensom Elgen" (2000), "Elgene av Hulene" (2002) et "Ensom Elgen 2004" étaient parrainées par la FFS. Je remercie C. Noiriel pour la révision du manuscrit, JM Ostermann et David St-Pierre pour les "tuyaux" bibliographiques et les spéléos norvégiens et membres de la Norsk Grotteforbund pour leur accueil toujours chaleureux.

Bibliographie

Choppy J (2003) Le gel et les concrétions. Treizième rencontre d'octobre. Spéléo-Club de Paris - Club Alpin Français. 36-39.

Corbel J (1957) Les karsts du nord-ouest de l'Europe. Revue de Géographie de Lyon. Hors-série. pp 541.

Collignon B (1988) Spéléologie approches scientifiques. Edisud. pp 236.

Gèze B (1965) La spéléologie scientifique. Seuil. pp 190.

Wøllo W (1991) Grotter langs Sagelva. Norsk Grotteblad. 21, 12-17.

Noguès X, Noiriel C. Formes d'érosion superficielle dans la région karstique de Sagelva (Troms, Norvège) : note préliminaire.
A paraître dans *Périgord-Explo*.

Formes d'érosion superficielle dans la région karstique de Sagelva (Troms, Norvège) : Note préliminaire

Xavier Noguès et Catherine Noiriel

Résumé. *Le karst de Sagelva (Troms, Norvège) peut être considéré depuis Corbel (1957) comme un cas d'école de la karstologie polaire. En plus des cavités qui le composent, ce karst présente en surface des formes d'érosions assez singulières, qu'il nous a été permis d'observer au cours de l'expédition. Nous décrivons dans cet article les "champignons" remarquables (blocs erratiques de micaschiste sur piédestaux de marbre), les rinnen-karen, les marmites à fond convexe et les kamenitza. Enfin, l'étude de la distribution des tailles des cupules remarquées par Corbel montre une hétérogénéité de leur "population".*

Introduction

Les intérêts du karst de Sagelva ont été révélés dès 1957 par Jean Corbel, qui le définit dans sa thèse comme "le karst non gelé le plus septentrional du monde" (p 80). Alors que sa superficie ne dépasse pas 25 km^2, ce karst n'en a pas moins attiré 4 équipes dont 3 expéditions étrangères, et a été à l'origine de plusieurs publications. C'est vraisemblablement ce lieu qui a inspiré une grande partie des hypothèses de Corbel au sujet des particularités des karsts polaires. Enfin, il a donné lieu à l'exploration d'environ 3 kilomètres de galeries, sa prospection n'étant pas achevée à ce jour.

Comme pour accentuer le caractère plaisant de la prospection sur cette région karstique lors des "longues" journées ensoleillées, la rencontre de formes d'érosion karstiques épigées (c'est-à-dire en surface) rend la prospection tout aussi intéressante que la découverte des phénomènes souterrains.

Ce karst comprend en premier lieu un plateau d'une vingtaine de kilomètres carrés à une altitude de 600 à 850 m, constitué par des alternances de bandes de marbre (cambriens à cambro-siluriens) et de micaschiste et gneiss. C'est sur ce plateau que l'on trouvera les "champignons" (piédestaux de marbre surmontés par un bloc erratique de micaschiste) ainsi que certaines rainures ("rinnen-karen"). Prenant source sur ce plateau à l'exutoire de plusieurs lacs, la rivière du Sagelva (étymologiquement "la rivière couteau") longe ce plateau sur des micaschistes et gneiss par l'est puis le nord à 300-400 m d'altitude. La rivière descend ensuite vers l'ouest et rencontre les marbres à 200 m d'altitude. Elle s'engouffre ensuite dans une

Planche 1. Les "champignons"

Photo 1. Champignons découverts en 2002. Le GPS, à gauche donne l'échelle. Le second est situé en haut à droite de la tête du premier. A l'arrière plan, le Salangen Fjord.

Photo 2. Champignon isolé. Site n°2.

Photo 3. Champignon découvert en 2002. Le GPS, à droite donne l'échelle.

Photo 4. Le "mouton". Le pied de droite est en marbre, celui de gauche en granite. A l'arrière plan, le Lavangen Fjord. Echelle : trait blanc = 1 m

vallée encaissée puis un canyon dans lequel nous trouverons cupules et marmites à fond convexe. Enfin, elle entame son "cours à éclipses", prenant la direction du nord, toujours dans le marbre, pour se jeter dans le Salangen Fjord. C'est dans cette partie terminale que nous observerons les rigoles et kamenitza.

Champignons (cf. planche 1)

Solgunn Finnesand (2003) fait une description détaillée de "champignons" découverts dans le Svartisen (Norvège, Nordland) à une trentaine de kilomètres au sud du Cercle Polaire, et propose une méthode d'étude. D'après cette publication, d'autres champignons

Ceux que nous avons trouvé sont tous situés sur le plateau de Sagelva, à 5 emplacements différents.

Le premier (UTM 06 18000; 76 36480; alt. 625 m) comporte une vingtaine d'exemplaires de petite taille (le piédestal mesure moins de 20 cm et en général moins de 10). Dans la plupart des cas, leur bloc protecteur est tombé et gît soit à coté du piédestal, soit prend encore un appui partiel sur celui-ci.

Le second (UTM 06 16042; 76 35835; alt. 550 m) ne comporte qu'un spécimen isolé, qui prend partiellement appui sur le sol (photo n°2).

En crête (UTM 06 17787; 76 35295; alt. 781 m) on trouve également un spécimen isolé de dimensions importantes (table : 2 x 2,5 m, épaisseur : 2 m; pied : 40 cm de haut pour 1 m de diamètre).

Ceux qui ont attiré notre attention en 2002 sont situés aux coordonnées UTM 06 17600; 76 35760, 650 m d'altitude. Ils sont au nombre de trois, les deux premiers sont les plus spectaculaires (photos n°1 et 3) avec pour épaisseur de table entre 60 et 90 cm, 2.10m de long sur 1,10 m de large et un pied de 75 cm de haut sur 80 cm de diamètre à la base et 40 cm plus haut pour le premier. Le second a une table de 60 cm d'épaisseur, 1,60 m de long sur 1,50 de large, et un pied de 45 cm de haut avec 70 cm de diamètre moyen. Le troisième est situé quelques dizaines de mètres plus au sud.

Enfin, aux coordonnées UTM 06 16130; 76 35899; alt. 564 m on trouve le "mouton" dénommé ainsi par Catherine (clin d'œil au bélier de Patagonie de Richard Maire). Ce "mouton" a une patte de marbre et deux de micaschiste (photo n°4). Ses dimensions sont assez impressionnantes : la table mesure 2 m d'épaisseur, 3,50 m de long pour 2,5 de largeur moyenne; la pied de marbre fait 60 cm de haut pour 1,20 m de diamètre à la base et 0,90 en haut.

Dans tous les cas, la pente sur laquelle ils étaient situés était comprise entre 5 et 10°.

Ces champignons se forment par érosion différentielle entre le marbre situé sous le bloc de micaschiste et protégé de l'action érosive de l'eau, et le reste du marbre situé à la surface du sol. Le bloc de micaschiste, qui est très résistant à l'altération, joue ici un rôle protecteur vis à vis de l'érosion. Alors que la surface du marbre s'abaisse en réponse à l'érosion chimique et à la désagrégation mécanique de la roche, la portion de roche située sous le bloc de micaschiste est préservée. Il se développe alors sous le bloc un piédestal de marbre. La hauteur du piédestal peut en théorie nous permettre de mesurer la vitesse d'ablation des marbres sur le plateau. Seulement les différents champignons observés ont des pieds de différentes hauteurs, ce qui indique soit que la vitesse d'ablation est très différente localement (le ruissellement par exemple peut influencer la vitesse de désagrégation mécanique de la roche), soit que le développement des champignons ne s'est pas initié au même moment. En effet le développement des champignons se fait de manière cyclique, et aboutit tôt ou tard à la destruction du champignon par affaissement du piédestal (on voit d'ailleurs sur la photo 1 que le piédestal est en train de se fendre et donc que le champignon est en fin de vie). Après affaissement, le bloc de micaschiste se retrouve à même le sol et la création d'un nouveau champignon peut débuter.

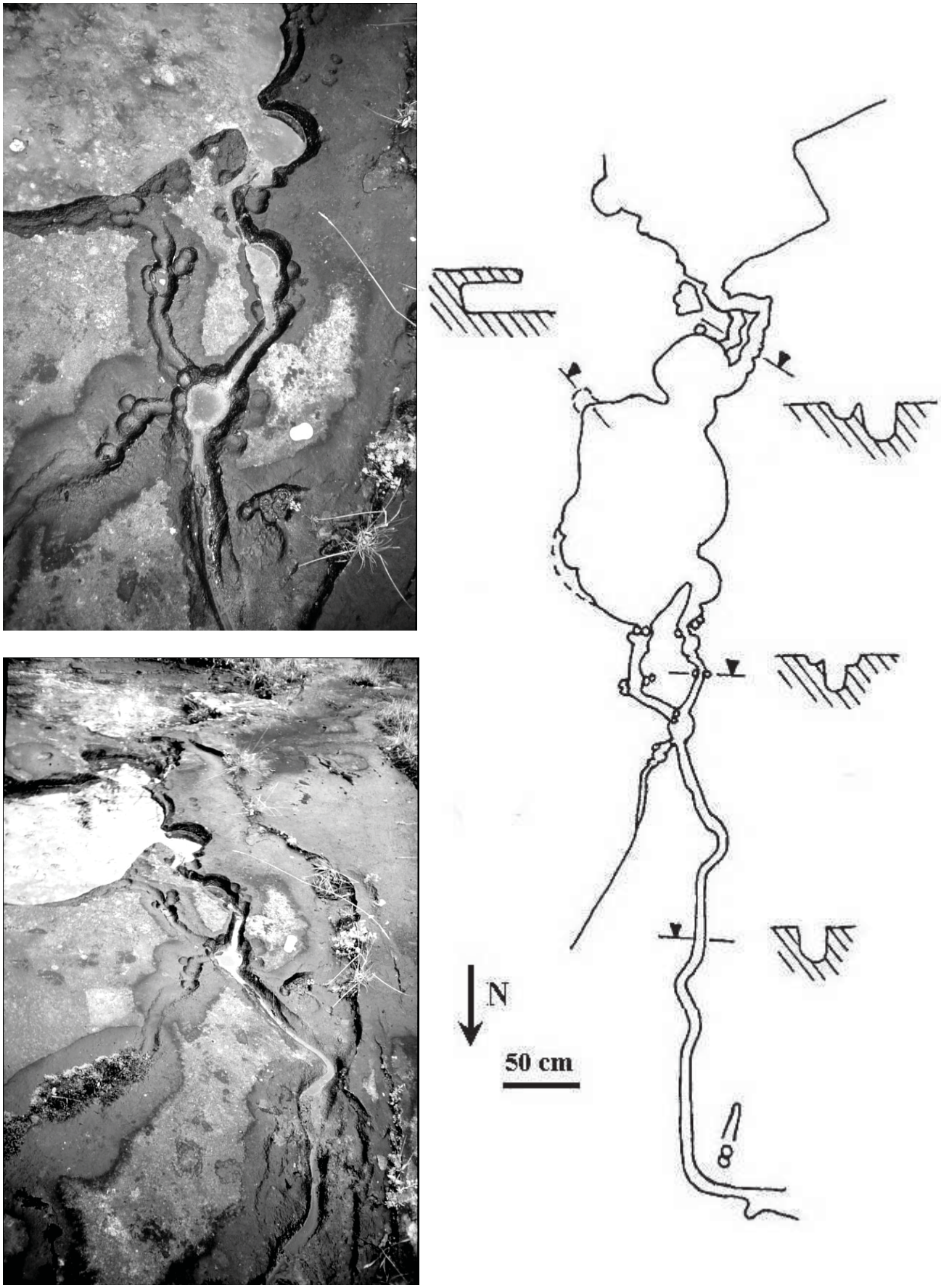


Planche 2. Les rigoles de Bildekk.
Le nord est orienté vers le bas sur le plan afin que celui-ci soit en concordance avec les photos. Echelle : boîte de pellicule.

Les kamenitza et rigoles de Bildek (cf. planche 2)

Juste au-dessus de Bildekgrotta nous avons pu observer un petit réseau de rigoles réunissant des cupules. Ce réseau d'un développement d'environ 8 m, est situé dans l'ancien cours de la rivière. C'est évidemment la formation de ce type de phénomène qui est intriguante. Nous trouvons quelques hypothèses de formation dans Finnesand (2003) qui cite Ford et Williams (1989). Ces "chenaux de décantation" pourraient trouver comme origine, soit l'écoulement provenant de végétation surplombante (égouttement de feuilles ou de branche par exemple) ou la présence de mousses directement sur le sol et qui maintiendraient une eau acide au contact de la roche carbonatée. Dans tous les cas, la présence de végétation acidifiant l'eau semble invoquée. Dans le cas de Bildek, une fissure remplie de mousses semble accréditer cette thèse, mais on peut aussi imaginer qu'une racine aujourd'hui disparue a pu permettre le creusement ou du moins l'amorcer, pour ce qui concerne les parties longues et rectilignes du réseau. Enfin, une fois les cuvettes creusées, celles-ci se remplissent d'eau et piègent les feuilles mortes qui s'y décomposent. Une fois amorcées, le processus de corrosion est donc prolongé dans ces cuvettes par l'acidification de l'eau qui s'en suit. Enfin, il est important de noter que les cupules présentes sur cette zone sont pratiquement toutes situées sur le trajet du chenal. Une relation entre leurs processus de formation semble donc envisageable.

Cannelures (cf. planche 3)

Sur le versant nord du plateau, on trouve un ensemble de parois (30 m sur 12 m pour la plus caractéristique) présentant des cannelures intéressantes (UTM 06 17753 76 36753; alt. 570 m). Les parties de ces parois où l'on trouve les cannelures ont une pente de 30 à 50°. 50° est le pente maximale observée; on ne trouve pas de cannelures sur les parties dont la pente est inférieure à 30°. On trouve trois types de cannelures : les cannelures sub-horizontales qui font un angle de 10 à 15° avec l'horizontales, les cannelures sub-verticales perpendiculaires aux premières (ces deux premiers types semblent constituer un même phénomène), et les cannlures "diagonales" qui font un angle de 25° environ avec l'horizontale, en sens inverse par rapport aux sub-horizontales. Les cannelures sub-horizontales et sub-verticales ressemblent assez à celles décrites par Finnesand (2003) appelées "*trinnkarren*". Elles pourraient se former sous l'action du ruissellement d'eau de fonte nivale lorsque les parois sont assez abruptes.

Les cannelures "diagonales" sont plus rares et plus espacées. Il est beaucoup plus difficile de proposer une explication au sujet de leur origine.

Des cupules aux marmites classiques (cf. planche 3)

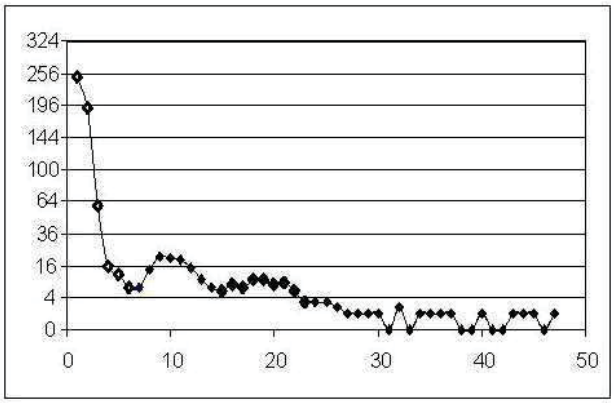
En 1957, Corbel note l'existence de "curieux lapiès en demi-sphères" et en fournit une photo (photo 29 de sa thèse). Lors de notre expédition de 2000, nous avons pu constater que la vallée sèche dans laquelle elles sont situées n'est pas un "cours abandonné" mais un trop plein souvent actif du cours principal.

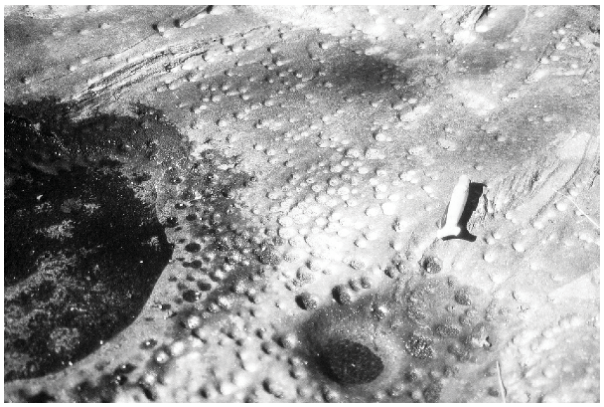
Les lapiès en demi-sphères peuvent être rencontrés à de nombreux endroits de la vallée de Sagelva. C'est cependant dans ce cours parallèle qu'on les trouve en concentration aussi importante. Ces cupules sont de taille centimétrique à décimétrique. La mesure et le comptage systématique de ces formations dans ce secteur de 6 m sur 4 a permis d'établir la distribution de celles-ci en fonction de leur diamètre. Cette courbe (première figure de bas de planche) suggère l'existence d'au moins trois populations de cupules. Le premier pic (0,5 à 6,5 cm) est constitué par des cupules peu profondes (la profondeur est égale environ au tiers du diamètre). Leur forme est assez régulière. La deuxième population (de 6,5 à 15 cm) est constituée de cupules plus profondes (le rapport profondeur sur diamètre étant égal à 1). Enfin, au-delà de 15 cm de diamètre, si la courbe ne permet pas de distinguer deux populations, on peut

Planche 3. Cannelures et cupules.

Ci-contre : paroi cannelée; les cannelures "diagonales" sont les mieux visibles. Deuxième ligne ; mise en évidence par polarisation des cannelures sub-horizontales (à gauche) et sub-verticales (à droite).

Ci-dessous, à gauche : distribution des diamètres de cupules ; abscisse : centimètres ; ordonnées : effectif.
Ci-dessous, à droite : cupules creusées dans une fissure.
En bas, gauche et droite : cupules de tailles variées.





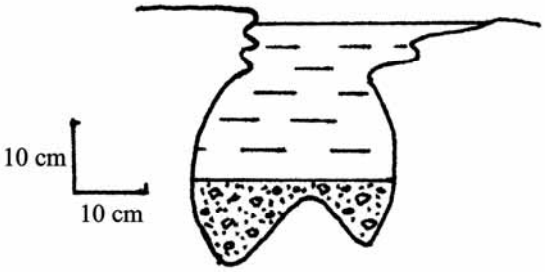


Planche 4. Marmites à fond convexe.

Photo 1 et 2 : marmite respectivement remplie de son contenu et vidée de celui-ci.

A gauche : coupe.

supposer la coexistence de marmites classiques creusées par galets. Leur rapport profondeur sur diamètre est en général inférieur à ½ mais peut atteindre ¾. Celles-ci se distinguent par des parois verticales ou sub-verticales et au moins un bord surplombant. D'autres dont le profil ressemble plutôt aux cupules des deux premiers types ont un rapport profondeur / diamètre supérieur à ½ avec parfois un fond surcreusé par une cupule de diamètre inférieur.

Enfin, notons qu'une autre forme de cupules semble se former grâce à des fissures pré-existantes (photo en haut à droite du bas de page). Celles-ci pourraient se former grâce aux turbulences provoquées par ces fissures.

Marmites à fond convexe (cf. planche 4)

Plusieurs marmites à fond convexe ont été observées dans le canyon au-dessus du "pont". Celles-ci sont situées en rive droite. Celle que nous avons mesurée fait 40 cm de profondeur, une trentaine de centimètres de diamètre à l'ouverture. Le dôme central a 10 cm de haut. Les trois marmites sont remplies de sable et de gravier fin de façon suffisante pour recouvrir le dôme et le masquer. Bien que les publications concernant ce type de marmites semblent peu nombreuses, nous en notons une photographie dans Bögli, 1964. Dans cet exemple, cependant, c'est un galet qui semble être à l'origine de sa formation ou de son développement alors que dans le cas de Sagelva, ce sont les graviers et le sable qui semblent en être responsables. De même que celles décrites par Bini (1978), celles de Sagelva comprend une paroi surplombante (paroi amont), la dépression annulaire et le pédoncule, mais la paroi descendante (paroi aval) est également surplombante.

Notons la forte perméabilité du marbre : le remplissage en eau s'effectue en quelques minutes sans apport superficiel.

Dans les trois cas rencontrés à Sagelva, on peut supposer que le creusement a débuté comme pour une marmite classique. Ensuite, étant donnée la position latérale de ces marmites par rapport à la rivière, on imagine facilement le mouvement circulaire de l'eau à l'intérieur, entraînant le sable piégé. Ce tourbillon d'eau et de sable aura un effet abrasif sur les parois, ménageant ainsi le dôme central, au centre du tourbillon.

Remerciements

Les expéditions Elgene av Hulene (2002) et Ensom Elgen 2004 étaient parrainées par la FFS. Nous remercions Svein Grunstrøm et sa famille, les membres de la Norsk Grotteforbund, Solgunn Finnesand, David Saint-Pierre et Philippe Audra pour leur aide précieuse, ainsi que les organisateurs et participants aux "Rencontres d'Octobre" (SCParis) pour leur contribution scientifique.

Bibliographie

Bini A (1978) Appunti di geomorfologia ipogea : le forme parietali. *Estratto da Atti V Conv. Reg. Speleol. Trentino*. 19-46.

Bögli A (1964) Le Hölloch et son karst. *A la Baconnière*, Neuchâtel.

Corbel J (1957) Les karsts du Nord-Ouest de l'Europe. *Revue de Géographie de Lyon*. pp541.

Finnesand SU (2003) Analyse av overflatekarstformer i Glomfjellområdet ved Svartisen. *Norsk Grotteblad*. 41; 3-32.