

Grintovec 1996

***Rapport du camp
du groupe spéléologique
“Les Furets jaunes de Seyssins”***

Grintovec 1996
Rapport du camp du groupe spéléologique
“Les Furets jaunes de Seyssins”

Responsable : Philippe Audra, 17 rue St Jacques, 83440 FAYENCE, 04 94 84 14 10

Sommaire

Introduction	2
Participants	2
La prospection	3
Le Brezno pod Koglom (Fk16)	6
Le traçage au Brezno pod Koglom	9
Observations morphologiques	13
Conclusion	19

Introduction

Au mois d'août 1996, s'est déroulé un camp d'exploration du groupe spéléologique de Seyssins sur le massif du Grintovec (Alpes de Kamnik, Slovénie). Il a rassemblé 8 participants sur une durée de deux semaines. Les principaux objectifs étaient de continuer l'exploration des cavités repérées l'année précédente, de poursuivre la prospection et de réaliser un traçage. Nos ambitions ont été quelque peu freinées par le temps très pluvieux qui a affecté l'Europe durant cette période. En revanche, nous avons gagné un temps considérable grâce à l'acheminement du matériel par le monte-charge du refuge ainsi qu'à un hébergement et un accueil chaleureux à "Cojzova Koca". La zone de

prospection se situait ainsi à moins d'une heure du refuge.

Principaux résultats

- poursuite de la prospection
- exploration du Brezno pod Koglom (-191)
- traçage au Brezno pod koglom (résultat négatif)...
- observation morphologiques sur le karst.

Participants

Christophe Gauchon, Philippe Quincieu, Pierre Lefebvre, Philippe Audra, René Parein, Jacques Masson, Sophie Masson, Évelyne Martin-Arison.

La prospection

Nos recherches se sont concentrées autour du secteur du Kogel, où nous avons repéré quelques cavités d'importance modérée, souvent étroites avec du courant d'air (voir carte et croquis) :

- Fk7 : poursuite de la cavité repérée l'année dernière. Arrêt à -40 sur un P10 défendu par une étroiture impénétrable. Bon courant d'air.

- Fk12 : poursuite de la cavité repérée l'année dernière. Arrêt à -35. L'important courant d'air soufflant provient d'un réseau remontant.

- Fk15 : P35 avec une fissure impénétrable ventilée.

- Fk17, Fk18, Fk19 : puits à neige.

- Fb2 : descente d'un P15, arrêt sur méandre impénétrable avec courant d'air.

- Trou marqué "2168" : visite de cette cavité déjà connue. Le gros courant d'air provient du méandre terminal impénétrable.

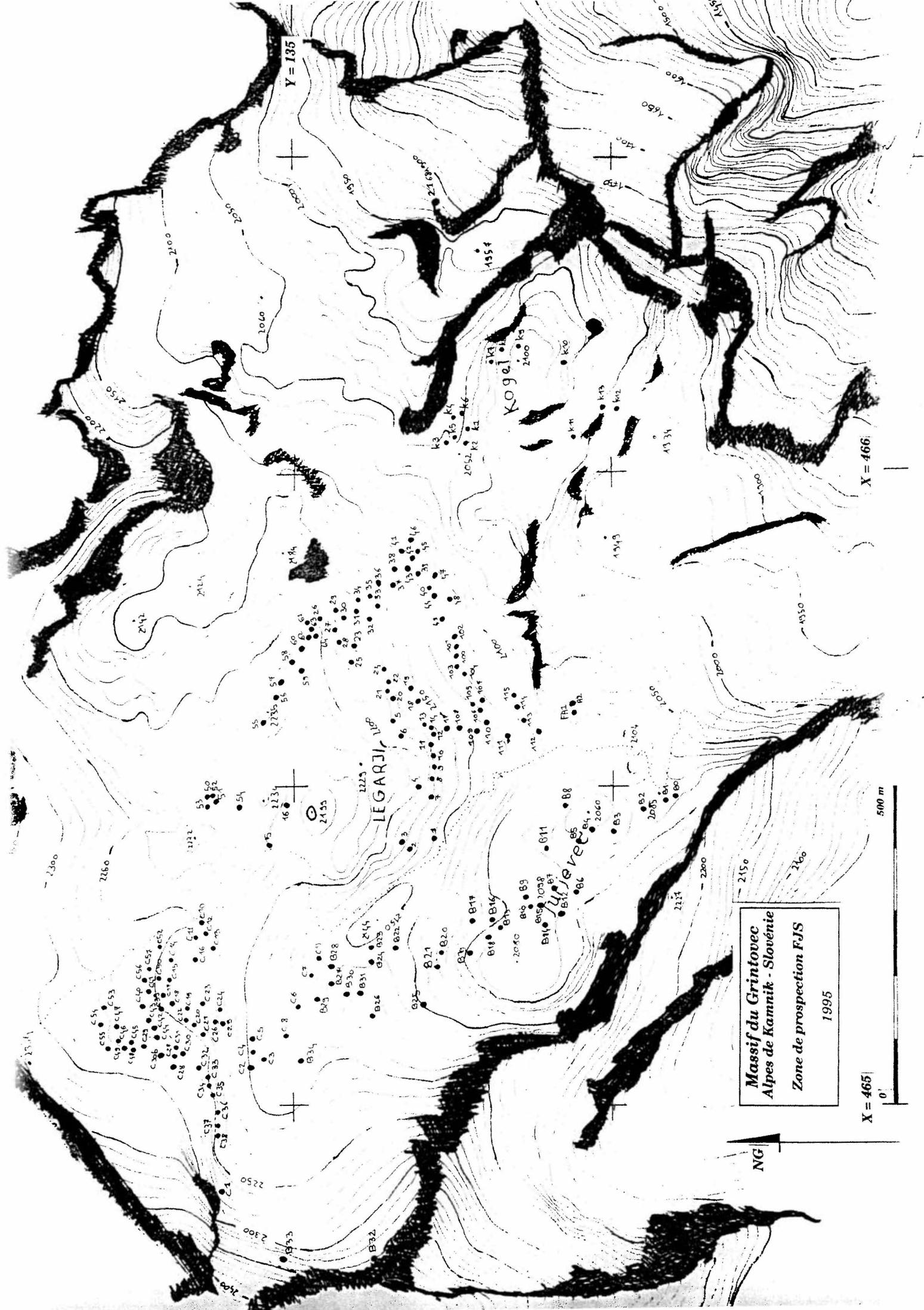
Par ailleurs, nous avons effectué une reconnaissance dans le vallon qui mène du refuge au sommet du Grintovec. Quelques cavités d'aspect prometteur ont été repérées, mais elles se terminent également rapidement.

- Fg1 : plusieurs méandres de belle taille convergent vers un réseau obstrué par les blocs et la glace.

- Fg2 : vieille cavité recoupée par le versant, présentant une galerie ébouleuse de bonne taille et des sédiments bréchiques. Tous les méandres sont impénétrables vers l'aval.

- Fg3 : vaste puits à neige sur faille comblé par la neige et les éboulis.

N° cavité	Prof.	Explorateur	Coordonnées	Croquis	Observations
F65	-25	Pierre			
Fb2	-30	Christ., Quin.	465,46 - 134,45 - 2080	x	Méandre imp., cour.d'air
Fk7	-40	Phil.	466,17 - 134,69 - 2050	x	P10 imp., courant d'air
Fk12	-35	Christ., Quin.	466,10 - 134,49 - 1980	x	Amont à courant d'air
Fk14	-10	Pierre	466,04 - 134,69 - 2050		
Fk15	-35	Quin.	466,05 - 134,68 - 2050	x	Méandre imp., cour. d'air
Fk16	-191		466,03 - 134,67 - 2040	x	Voir fiche
Fk17	-20	Phil.	466,01 - 134,63 - 2020	x	Puits à neige
Fk18	-15	Phil.	465,96 - 134,71 - 2030	x	Puits à neige
Fk19	-8	Phil.	465,97 - 134,68 - 2020	x	Puits à neige
Fk20	-12	Christ.	466,02 - 134,66 - 2030		Puits à neige
Fk20 bis	-12	Phil.	465,73 - 134,64 - 2070		Puits à neige
Fg1	-30	Ph., Soph., Ev.		x	Puits à neige
Fg2	-20	Ph., Soph., Ev.		x	Galerie fossile
Fg3	-35	Soph.		x	Puits à neige



Massif du Grintovec
Alpes de Kamnik - Slovénie
Zone de prospection FJS
1995

X = 465
0'

500 m

NG

X = 466

Y = 135

LEGARJ

Kogel

4554

2144

2142

2433

2435

2437

2439

2441

2443

2445

2447

2449

2451

2453

2455

2457

2459

2461

2463

2465

2467

2469

2471

2473

2475

2477

2479

2481

2483

2485

2487

2489

2491

2493

2495

2497

2499

2501

2503

2505

2507

2509

2511

2513

2515

2517

2519

2521

2523

2525

2527

2529

2531

2533

2535

2537

2539

2541

2543

2545

2547

2549

2551

2553

2555

2557

2559

2561

2563

2565

2567

2569

2571

2573

2575

2577

2579

2581

2583

2585

2587

2589

2591

2593

2595

2597

2599

2601

2603

2605

2607

2609

2611

2613

2615

2617

2619

2621

2623

2625

2627

2629

2631

2633

2635

2637

2639

2641

2643

2645

2647

2649

2651

2653

2655

2657

2659

2661

2663

2665

2667

2669

2671

2673

2675

2677

2679

2681

2683

2685

2687

2689

2691

2693

2695

2697

2699

2701

2703

2705

2707

2709

2711

2713

2715

2717

2719

2721

2723

2725

2727

2729

2731

2733

2735

2737

2739

2741

2743

2745

2747

2749

2751

2753

2755

2757

2759

2761

2763

2765

2767

2769

2771

2773

2775

2777

2779

2781

2783

2785

2787

2789

2791

2793

2795

2797

2799

2801

2803

2805

2807

2809

2811

2813

2815

2817

2819

2821

2823

2825

2827

2829

2831

2833

2835

2837

2839

2841

2843

2845

2847

2849

2851

2853

2855

2857

2859

2861

2863

2865

2867

2869

2871

2873

2875

2877

2879

2881

2883

2885

2887

2889

2891

2893

2895

2897

2899

2901

2903

2905

2907

2909

2911

2913

2915

2917

2919

2921

2923

2925

2927

2929

2931

2933

2935

2937

2939

2941

2943

2945

2947

2949

2951

2953

2955

2957

2959

2961

2963

2965

2967

2969

2971

2973

2975

2977

2979

2981

2983

2985

2987

2989

2991

2993

2995

2997

2999

3001

3003

3005

3007

3009

3011

3013

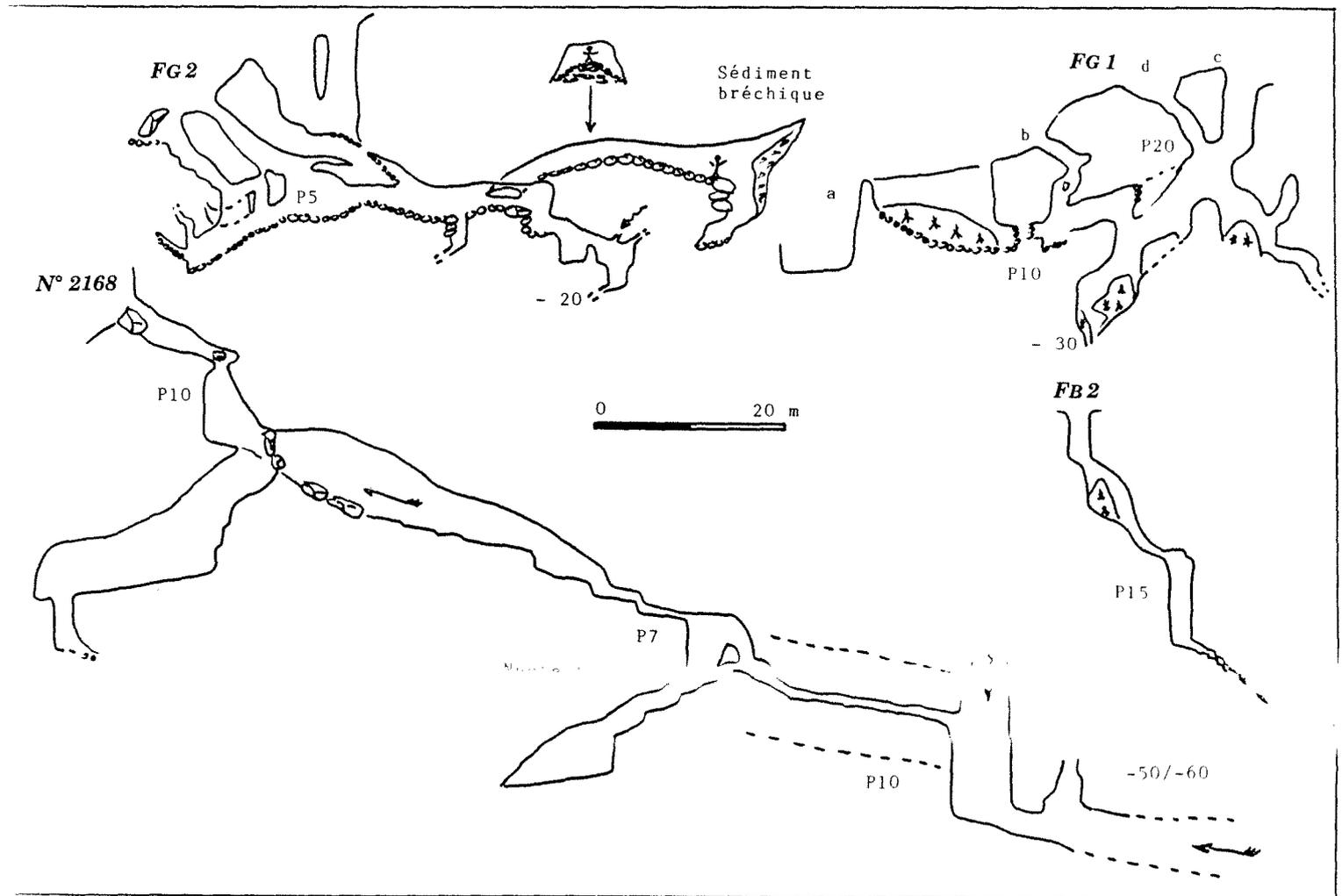
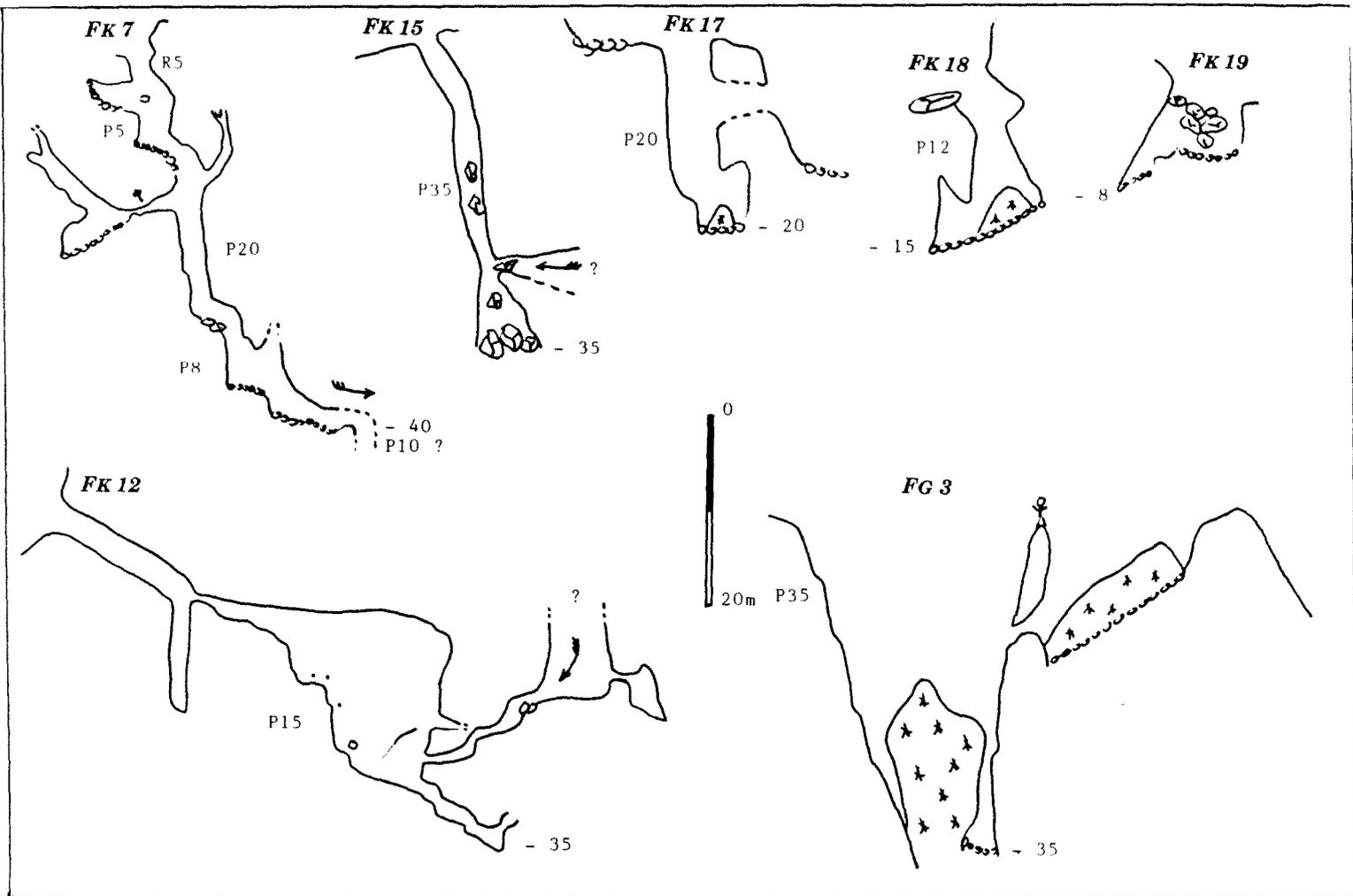
3015

3017

3019

3021

3023</



Le Brezno pod Koglom (FK16)

C'est la seule cavité digne d'intérêt que nous ayons trouvée sur le massif. Ces dimensions et la puissance du courant d'air nous ont laissé croire quelques temps que nous avions trouvé le "bon trou".

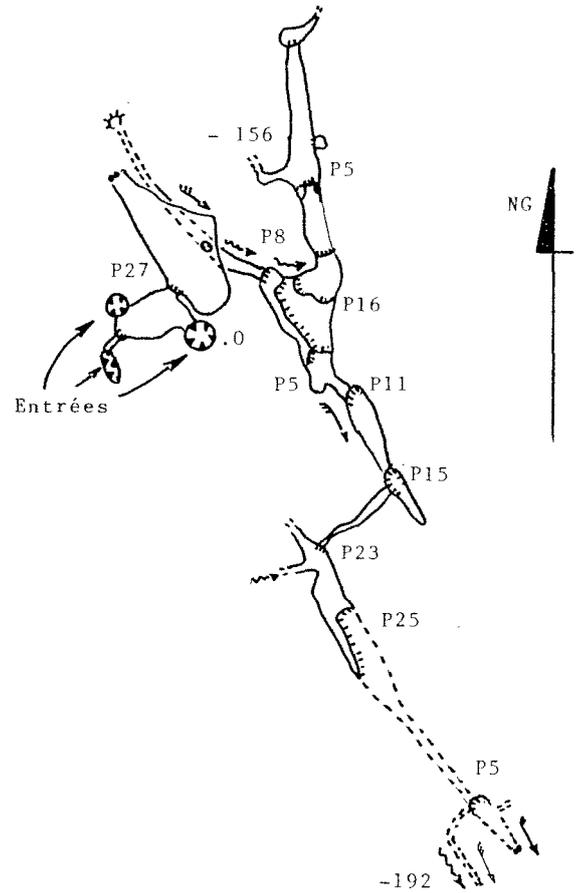
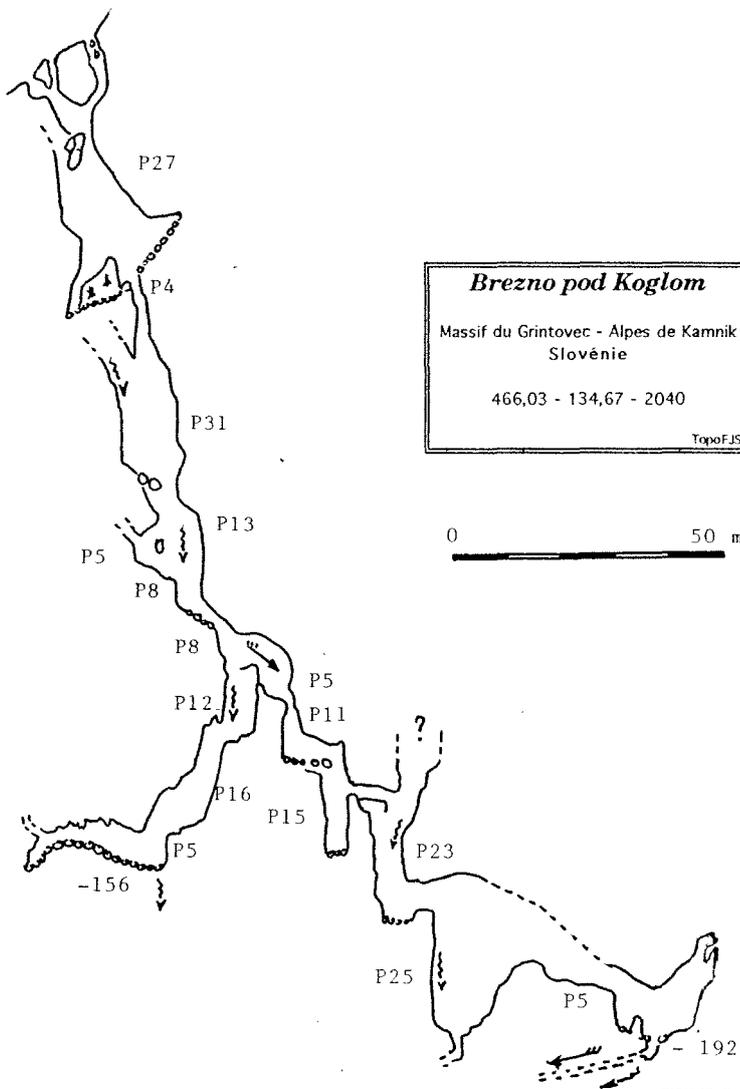
Les trois entrées voisines, se situant sur le flanc sud du Kogel vers 2 040 m d'altitude, ont été repérées par Ph. Quincieu et P. Lefebvre lors d'une prospection. Le gouffre est alors descendu jusqu'à -70. Le lendemain, accompagnés de Ch. Gauchon et Ph. Audra, le fond de -155 est atteint et topographié. La perte du courant d'air incite Ph. Quincieu et Ph. Audra à entreprendre des traversées en amont dès le lendemain. La suite est rapidement trouvée et le nouveau réseau parcouru jusqu'à -164, arrêt sur P25 avec gros courant d'air. Une nouvelle exploration (Ch. Gauchon, Ph. Quincieu, R. Parein, J. Masson) permet de toucher le fond de la cavité à -191. Le courant d'air disparaît inexorablement dans une trémie et un méandre extrêmement étroit. Deux nouvelles séances (Ph. Audra, S. Masson, E. Martin-Arison, puis Ph. Quincieu, R. Parein, J. Masson, E. Martin-Arison) permettent de terminer la topographie, de faire des photos, de revoir le terminus et de déséquiper.

Les trois orifices de cette cavité débouchent dans une belle salle insoupçonnée de l'extérieur. Le plus bas permet d'y accéder directement sans équipement, bien qu'il ne soit pas le plus large. Suit immédiatement un très beau P27, dont le fond est occupé par un culot de glace résiduelle. Un départ étroit dégagé entre les blocs mène au puits suivant (P31). La suite est de belle dimension : 7 puits de hauteur modérée mais bien arrosés, débouchent dans une ancienne galerie argileuse et concrétionnée, où l'actif se perd entre les blocs. La suite et à rechercher trois puits plus haut, où une traversée en vire permet de retrouver le courant d'air. Malheureusement, la cavité prend des dimensions de plus en plus restreintes dès que les conduits sont horizontaux. A un P11 au départ étroit succède un P15 qu'on ne descend que sur quelques mètres, pour atteindre la suite du méandre en pendulant. Large au départ, il devient immédiatement très étroit avant de se jeter dans le puits suivant (P23). Le départ majestueux du dernier puits (P25) est son champ du cygne : l'aval est impénétrable. Dans le prolongement de la faille, en suivant le courant d'air, un P6 mène au fond. Une partie du courant d'air disparaît dans une trémie en plafond, tandis

que le reste s'insinue dans un méandre très étroit suivit sur une dizaine de mètres.

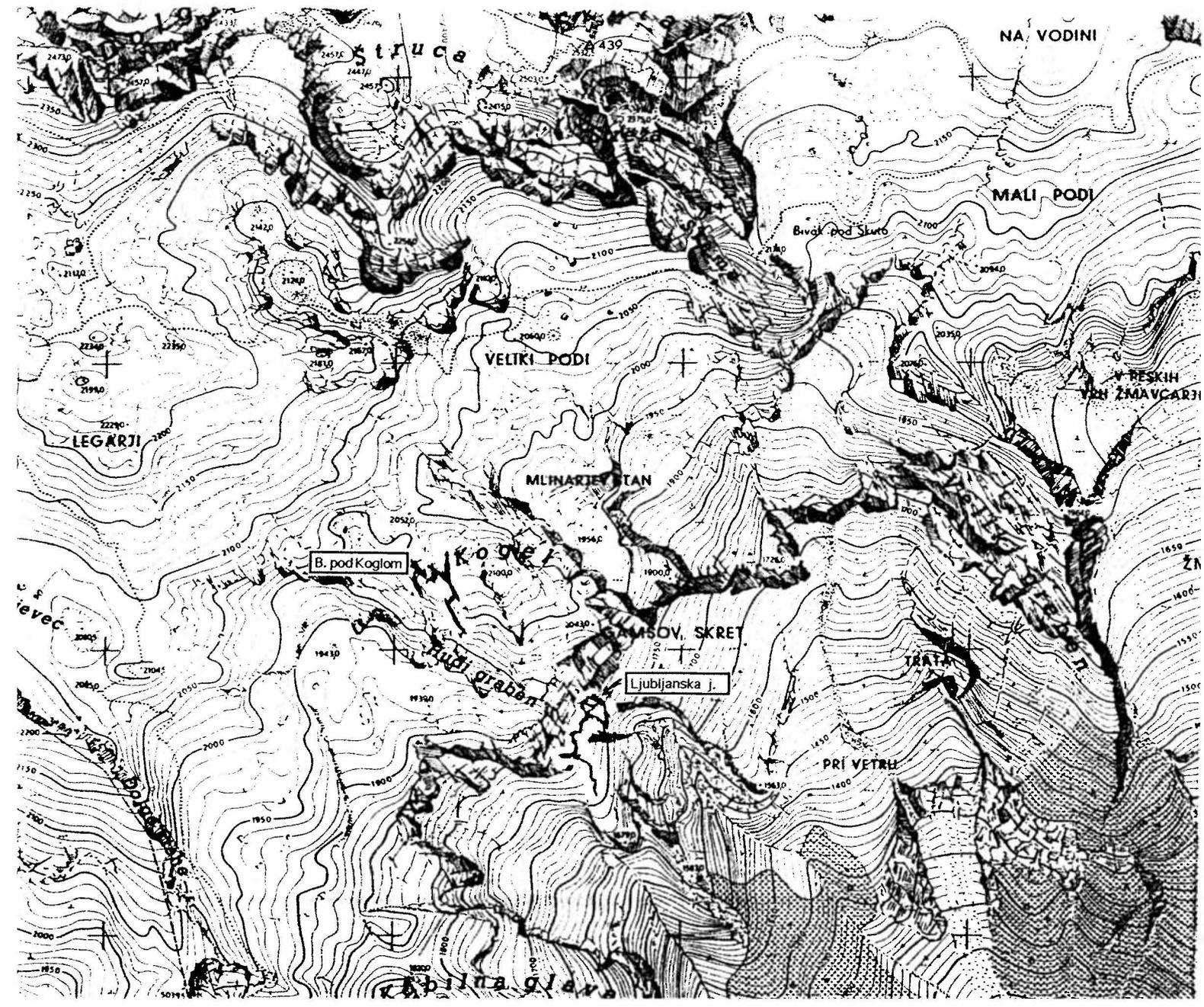
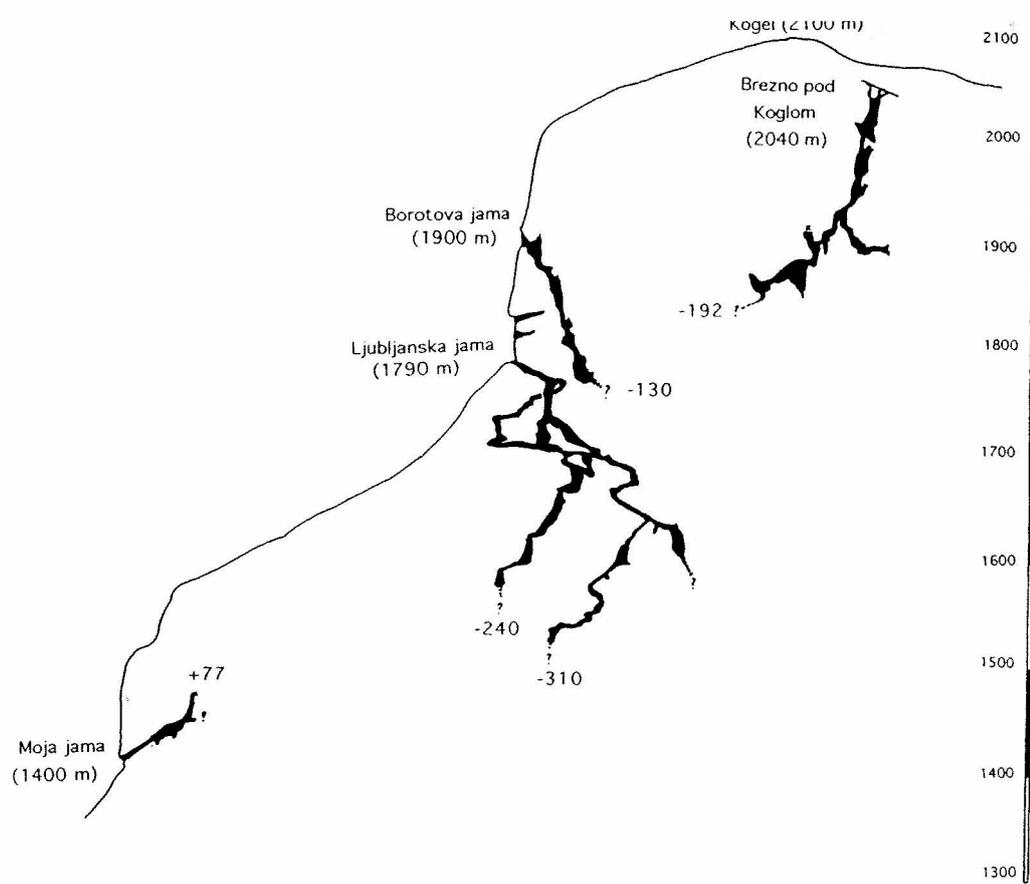
Il semblerait que cette cavité absorbe le courant d'air de la plupart des gouffres que nous avons explorés sur le Kogel. La présence de cette ventilation et les chauves-souris (crottes et squelettes abondants, un spécimen vivant observé) semblent indiquer une connexion avec la Ljubljanska jama, située 200 m en-dessous.

Un crâne de chauve-souris a été identifié par H. Menu. Il s'agit d'un vespertilion à moustache (*Myotis mystacinus*).



207,5 Cavité : K16
86,9 Dev : 294,4

Dep	Arr	A	B	Az	Pente	Angle	AngZ	L	Lp	ΣLp	X	Y	Z	h	l	Observations
0	0															
0	1	959	998	304	119	19	-19	3,9	3,728	3,728	-3,7	0,2	-1,1			Surface
1	2	998	1075	342	120	20	-20	7,7	7,324	11,05	-9,5	4,7	-3,5			Surface
2	3	1075	1142	207	155	55	-55	6,7	4,354	15,40	-10,0	0,4	-8,6			Surface
3	4	1213	1242	14	138	38	-38	2,9	2,399	17,80	-9,5	2,7	-10,2	1	1	Départ méandre étroit
4	5	1242	1326	55	161	61	-61	8,4	4,833	22,64	-5,8	5,9	-17,1		d=5	base R
5	6	1326	1351	56	100	0	0	2,5	2,5	25,14	-3,9	7,4	-17,1			départ P27
6	7	1351	1625	0	200	100	-100	27,4	0,021	25,16	-3,9	7,5	-44,5	-5		arrêt glacier
7	8	1625	1683	0	104	4	-4	5,8	5,789	30,95	-3,9	13,3	-44,9	10	d7 g	
8	9	1683	1716	124	100	0	0	3,3	3,3	34,25	-0,8	12,0	-44,9			départ P4 étroit (c. a. descendant)
9	10	1716	1759	150	186	86	-86	4,3	0,940	35,19	-0,1	11,4	-49,1			P4
10	11	1759	2073	0	200	100	-100	31,4	0,025	35,21	-0,1	11,4	-80,5		3	P31
11	12	2073	2121	346	112	12	-12	4,8	4,715	39,93	-3,7	14,5	-81,4		3	départ P13, faille prolongement
12	13	2121	2251	0	200	100	-100	13	0,010	39,94	-3,7	14,5	-94,4		g=3	
13	14	2251	2393	147	175	75	-75	14,2	5,442	45,38	0,4	10,9	-107,5	10	3	
14	15	2393	2455	122	136	36	-36	6,2	5,236	50,62	5,3	9,1	-110,8		1	palier ébouléux
15	16	2455	2540	172	186	86	-86	8,5	1,860	52,48	6,1	7,4	-119,1			P8
16	17	2540	2665	0	200	100	-100	12,5	0,009	52,49	6,1	7,4	-131,6			P12
17	18	2936	3105	72	180	80	-80	16,9	5,233	57,72	10,8	9,7	-147,7			
18	19	2866	2936	384	120	20	-20	7	6,658	64,38	9,1	16,1	-149,8			
19	20	2804	2866	384	178	78	-78	6,2	2,104	66,48	8,6	18,1	-155,7			
20	21	2665	2804	392	73	27	27	13,9	12,67	79,15	7,0	30,7	-150,0			
											6,1	7,4	-119			
16	22	3105	3157	165	73	27	27	5,2	4,740	83,89	8,6	3,4	-117,0	10	G=3	MC
22	23	3157	3258	164	156	56	-56	10,1	6,441	90,33	12,0	-2,1	-124,7			P7
23	24	3258	3367	0	200	100	-100	10,9	0,008	90,34	12,0	-2,1	-135,6			P11
24	25	3367	3449	170	92	8	8	8,2	8,135	98,48	15,7	-9,3	-134,6	15	2,5	
25	26	3449	3521	190	180	80	-80	7,2	2,229	100,7	16,1	-11,5	-141,5			P7
26	27	3521	3562	250	100	0	0	4,1	4,1	104,8	13,2	-14,4	-141,5			Méandre étroit
27	28			300	100	0	0	2	2	106,8	11,2	-14,4	-141,5			Méandre étroit
28	29			0	200	100	-100	1	7E-4	106,8	11,2	-14,4	-142,5			Méandre étroit
29	30			220	100	0	0	2	2	108,8	10,6	-16,3	-142,5			Méandre étroit
30	31	3562	3783	0	200	100	-100	22,1	0,017	108,8	10,6	-16,3	-164,6		1,5	P23
31	32			190	73	27	27	8,4	7,657	116,5	11,8	-23,9	-161,1	8	3	
32	33	3852	3909	170	90	10	10	5,7	5,630	122,1	14,4	-28,9	-160,2			Fin topo, MC P25



Le traçage au Brezno pod Koglom

L'absence de données sur ce secteur vierge de prospection nous a incité à effectuer un traçage. Compte tenu du pendage, l'importante source de Kamniska Bistrica (1,5 m³ / s à l'étiage, plus de 5 m³ / s lors de crues d'orage), située juste en-dessous des lapiaz, à 4 km de distance (alt. 600 m), semblait drainer notamment cette partie du massif. L'injection de la fluorescéine (1 kg dissout dans 2 l d'alcool) a été effectuée dans le Kogel Brezno, après un orage, le 8 août à 15 h.

L'émergence a été surveillée au moyen d'un préleveur automatique durant une semaine, avec une fréquence de prélèvement de 2 h pour les deux premiers jours, 4 h ensuite. De plus, une émergence temporaire, fonctionnant probablement pour partie en trop-plein de l'émergence principale, localisée en amont (alt. 690 m), a également été échantillonnée.

Les analyses ont été effectuées à la DDAF 38 (J. Biju-Duval), sur un fluorimètre à filtre, sensible à des concentrations de 10⁻¹⁰ kg/l. Sur l'ensemble des échantillons analysés (une soixantaine en tout), aucun ne présentait de trace de fluorescéine.

Ce résultat négatif soulève plusieurs hypothèses quant au devenir de la fluorescéine et à la structure de l'aquifère karstique :

- compte-tenu de la fréquence d'échantillonnage et de la sensibilité de l'appareil de mesure, il hautement improbable que le passage du traceur n'ait pas été détecté. Par ailleurs, sachant qu'il s'agit d'un karst de montagne à très fort gradient, où les circulations sont rapides (100 m / h minimum), que l'aquifère était saturé et que deux orages survenus après l'injection ont du "chasser" la traceur, il est également très peu probable que la fluorescéine ait été stockée dans l'aquifère, et que sa restitution soit intervenue après la période de surveillance. Force est d'admettre que le colorant est ressorti ailleurs, dans l'une des vallées environnantes.

- Au N, trois vallées bordent le massif. Au NE, la vallée de Logar, où jaillit la source de Savinja, à 1 300 m d'altitude, distante de 3 km. Au N, la vallée de la Vellach, située en Autriche. Au NW, la retombée abrupte du Grintovec. Une sortie du colorant dans l'une de ces trois vallées est peu probable, compte-tenu des pendages dirigés vers le sud.

- Enfin, à l'ouest, juste au pied du Grintovec, s'écoule la vallée de la Kokra. Une communication directe avec des émergence serait douteuse, compte-tenu de la présence d'un écran imperméable. En revanche, plus au S, le

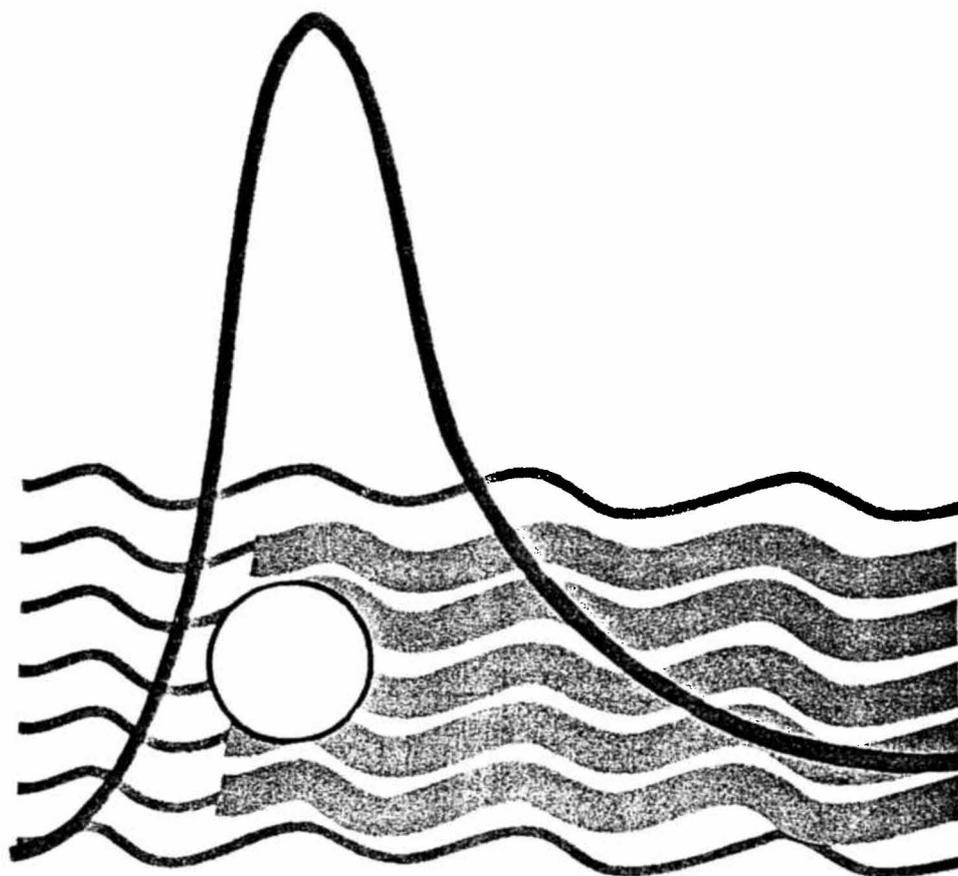
pendage plonge vers l'ouest. Il serait alors possible d'envisager un écoulement latéral sous le Veliki Podi, en direction du Sud, qui passerai ensuite dans un le compartiment s'abaissant vers l'ouest, et rejoindrai la vallée de la Kokra. Nous ne connaissons cependant pas d'émergence majeure dans ce secteur. Une telle éventualité est bien entendue hautement hypothétique, mais elle pourrait expliquer ce traçage négatif.

Ainsi, même si l'on ne peut établir de conclusion définitive à la suite d'un traçage négatif, on peu raisonnablement avancer que le secteur du Veliki Podi n'est pas drainé par la source de Kamniska Bistrica. Une sortie hypothétique dans la vallée de la Kokra mérite d'être considérée. Cela pourrait signifier que cette vallée de grande ampleur, en bordure du massif, a connu une évolution complexe permettant d'instaurer un drainage conquérant sur les bassins versants karstiques voisins. Une telle hypothèse serait intéressante à vérifier à l'avenir.

TRACER HYDROLOGY

A. KRANJC

97



A negative dye tracing in the Grintovec massif (Kamnik Alps)

Philippe Audra

CAGEP-URA, Aix-en-Provence Groupe de Valorisation de l'Environnement (GVE) & URA D1476 du CNRS,
Université de Nice-Sophia-Antipolis, France

Abstract. a tracing with fluoresceine was undertaken in August 1996 in the Grintovec massif (Kamnik Alps, Slovenia). All the samples taken in the Kamniška Bistrica spring were negative. This unexpected result is analysed.

The Kamnik Alps constitute a crest line along the Austrian border, 30 km north of Ljubljana city. They culminate at the Grintovec (2558 m asl.). The studied area (Veliki Podi) is a glacio-karstic amphitheatre, which is located on the eastern slopes of the Grintovec, between 1900 and 2300 m asl. The rocks are triassic limestones (*Dachsteinkalk*) affected by a strong pendance (around 40°, but with important variations). Belonging to overthrust sheets inclined to the north, these layers are affected by an intense fracturation.

The discovery of a 200 m deep shaft, in a virgin speleological area, have incited us to make a dye tracing. According to the pendance, the large Kamniška Bistrica spring (1,5 m³/s at low waters, more than 5 m³/s during storms high waters), located 4 km away just at the foot of the clints (600 m asl.), seemed to drain this part of the massif.

The fluoresceine injection (1 kg dissolved in 2l alcohol) had been realized in this shaft (Brezno pod Koglom, 2040 m asl.) after a storm, the 8. August 1996.

The emergence had been watched over with an automatic sampler during one week, with a sampling frequency of 2 hours the two first days and 4 hours the following days. Moreover, a temporary emergence located upstream (690 m asl.), and probably acting as an overflow of the main spring, had also been sampled.

The analyses were made in France with a fluorimeter with a precision for dilution of 10⁻¹⁰ kg/l. None of the analysed samples (about 60) showed any trace of fluoresceine. This negative result suggests several hypothesis about the happening of the fluoresceine and the structure of the karstic aquifer :

- Taking into account the sampling frequency and the accuracy of the fluorimeter, it is highly improbable that the passage of the tracer could not have been detected. Moreover, knowing that we are dealing with a mountain karst characterised by a high altitude gradient where the

discharges are very rapid (more than 100 m/h), that the aquifer was saturated and that two storms happening after the injection should have expelled the tracer, it is also unlikely that the fluoresceine could have been stored in the aquifer, and that its restitution could have occurred after the watch period. We must recognise that the tracer had reappeared somewhere else, in one of the surrounding valleys.

- In the north, three valleys flank the massif. In the NE, the Logar valley, where the Savinja spring pours out (1300 m asl.), 3 km away. In the N, the Vellach valley, located in Austria. In the NW, the abrupt slopes of the Grintovec. A tracer restitution in one of these valleys is unlikely, according to the pendance sloping to the south and to the moderate altitudinal gradient.

- Finally, in the western part the Kokra river flows, at the foot of the Grintovec. A direct link with springs along the river would be improbable, according to the presence of an aquiclude. However, south of the Veliki Podi, the pendance slopes to the west. It is then possible to envisage an oblique flow under the Veliki Podi, in direction of the south beyond the Kokrsko Sedlo, which then could attain the area where the pendance slopes to the west and finally joins the Kokra valley. However, we do not know of any important spring in this place. Such an eventuality is of course highly hypothetical, but it could explain this negative dye tracing.

So, even if we could not finally settle for a negative dye tracing, it is nevertheless acceptable to admit that the Veliki Podi area does not belong to the Kamniška Bistrica catchment area. A hypothetical outlet in the Kokra valley would need to be taken into account. This could mean that this large valley edging the massif had known a complex evolution, allowing a conqueror drainage to be installed over the neighbouring karstic basins. Such a hypothesis would be interesting to check in the future.

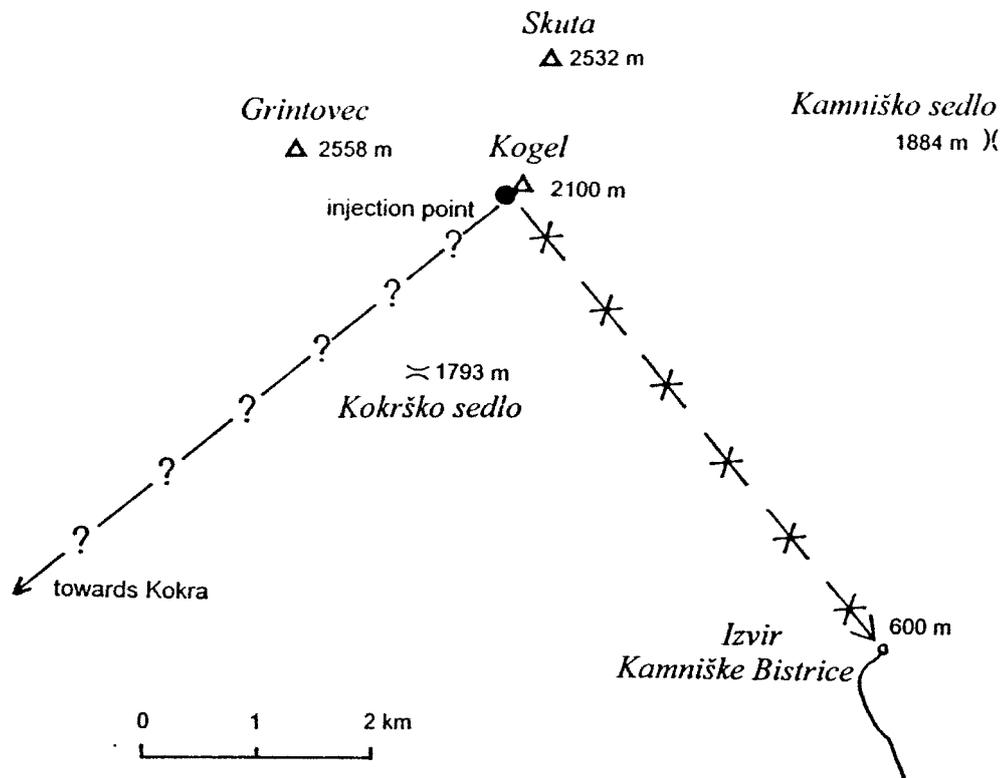


Figure 1: Sketch of the tracing under Kogel

This mission was supported by the Slovene Art and Sciences Academy (SAZU), in the frame of the collaboration with the French Centre national de la recherche scientifique (CNRS). I am grateful to J. Biju-Duval for the analyses of the samples.

Observations morphologiques

PH. AUDRA 1996 : "Formations quaternaires et anté-quaternaires du karst du Grintovec (Alpes de Kamnik, Slovénie)", *Etudes de géographie physique*, n° XXV, p. 25-29. URA903 - CAGEP, Aix-en-Provence.

FORMATIONS QUATERNAIRES ET ANTÉ-QUATERNAIRES DU KARST DU GRINTOVEC (Alpes de Kamnik, Slovénie)

par Philippe AUDRA *

RÉSUMÉ : Le karst haut-alpin du Grintovec recèle des formations susceptibles de reconstituer les principales étapes de son histoire. Les glaciations ont laissé des traces omniprésentes, avec une morphologie glacio-karstique typique ainsi que des moraines tardiglaciaires. D'autres formations, comme des brèches de versant ou des dépôts endokarstiques exhumés (concrétions, paléocavités, sédiments détritiques indurés), se rapportent au Tertiaire. Les plus anciennes dénotent d'un environnement très différent de l'actuel, antérieur à la dernière phase de surrection.

MOTS CLÉS : Karst haut-alpin, glaciations, Tertiaire, dépôts endokarstiques, brèches de versant, Grintovec, Alpes de Kamnik, Slovénie.

ABSTRACT : The high-alpine Grintovec karst harbours formations allowing to reconstruct the main stages of its history. Glaciations had left ubiquitous traces, with a typical glacio-karstic morphology and tardiglacial moraines. Other vestiges, such as avalanche breccias or exhumed deep karst deposits (flowstones, paleocaves, clastic hardened sediments), are of tertiary age. The most ancient ones correspond to an environment very different to the present one, older as the last uplift phase.

KEY WORDS : High-alpine karst, glaciations, Tertiary, karst sediments, avalanche breccias, Grintovec, Kamnik Alps, Slovenia.

I - INTRODUCTION

Les Alpes de Kamnik forment une ligne de crête le long de la frontière autrichienne, à 30 km au nord de Ljubljana, la capitale slovène (cf. carte morphologique). Elles culminent à 2 558 m d'altitude, au Grintovec. Le secteur étudié (Veliki Podi) se localise sur le flanc oriental du sommet du Grintovec.

Le Veliki Podi se présente comme un amphithéâtre d'environ 1 km de diamètre, étagé entre 1 900 et 2 300 m d'altitude. Il est ouvert vers le sud-est sur la vallée de Kamniska Bistrica qui s'étend 1 500 m plus bas, alors que les autres côtés sont fermés par des escarpements de 50 à 200 m de hauteur. Cet amphithéâtre se compose d'une croupe centrale séparant deux vallons qui se raccordent à la vallée par des versants très raides, sillonnés de ravins où les écoulements sont temporaires.

Les roches sont des calcaires d'âge triasique (Dachsteinkalk) marqués d'un fort pendage (autour de 40°, mais avec des variations importantes). Elles appartiennent à l'unité de charriage de Krn-Savinja déversée vers le nord (P. HABIC, 1992). Elles sont de ce fait affectées par une fracturation intense.

Les conditions climatiques actuelles correspondent à

celles de la haute montagne alpine. Le total annuel des précipitations est compris entre 2 000 et 2 400 mm (S. BRINOVEC, 1995). Compte-tenu de la fraîcheur liée à l'altitude, une bonne partie des précipitations s'effectue sous forme neigeuse.

Comme le reste des Alpes de Kamnik, cet ensemble présente des formes karstiques de haute montagne typiques. À ces morphologies classiques s'ajoutent des témoignages hérités d'une histoire longue et complexe, dont l'origine est beaucoup plus ancienne (cf. carte morphologique, *in fine*).

II - FORMES ET FORMATIONS GLACIAIRES

Du fait de son altitude, ce massif alpin a été affecté par les glaciations quaternaires. Les marques du dernier épisode glaciaire sont particulièrement bien visibles.

1. Les formes glacio- et nivo-karstiques

Les deux vallons principaux ont une section en auge évasée, leur profil en long présente de nombreuses contre-pentes. Des verrous nettement marqués (Bivouac),

séparent des ombilics bien encaissés (30 m en amont du Bivouac, 40 m dans le vallon situé sous le Struca). Ces ombilics correspondent à des dépressions glaciokarstiques. Ils sont troués de puits à neige et encombrés d'éboulis cryoclastiques.

L'échine centrale est caractérisée par des dalles arrondies en roches moutonnées, sculptées de lapiaz. Du fait de l'intense fracturation, les dalles sont également percées d'un très grand nombre de puits à neige. Ces surfaces lapiazées sont acérées au-dessus de 2 100 m, par effet de la corrosion nivale très active. En-dessous, elles sont plus arrondies car elles ont évolué sous couverture pédologique durant les épisodes plus doux de l'Holocène.

2. Les formations morainiques

Les épendages morainiques occupent une vaste superficie. La fraîcheur de leur formes, peu ravinées, évoque un âge récent, vraisemblablement tardiglaciaire. On distingue :

- des moraines latérales bordant le vallon septentrional situé sous le Struca ;

- des moraines de fond (dans le vallon du Bivouac), dont la surface est défoncée par le soutirage des cailloutis dans le karst, formant des dolines de suffosion ;

- un beau vallum terminal, sur lequel le bivouac est établi, correspondant à une ultime poussée glaciaire.

Lorsque le ravinement démantèle localement les moraines, il exhume des polis glaciaires, protégés jusqu'alors de la dissolution par la couverture caillouteuse (D. C. FORD, 1992).

III- FORMATIONS ANTÉ-QUATERNAIRES

Si la morphologie glaciaire occupe l'essentiel de l'espace, des témoignages plus discrets viennent rappeler de loin en loin que la morphogenèse ne se limite pas au Quaternaire. On distingue les formations superficielles anciennes et les formations endokarstiques exhumées par l'érosion glaciaire.

1. Les brèches de versant

En-dessous du Bivouac, la bordure septentrionale du versant du vallon présente un escarpement ruiniforme d'une cinquantaine de mètres de hauteur, constitué de brèches extrêmement résistantes.

Ce sont des formations de versant, composées d'éléments hétérométriques anguleux (1 cm à plusieurs mètres de diamètre), cimentés par une calcite orangée à gros cristaux. Par endroits, le ciment est plus argileux, avec une teinte rougeâtre nettement marquée. L'essentiel

de la formation ne présente pas d'organisation ; néanmoins, la partie sommitale, composée d'éléments centimétriques assez homogènes, est disposée en lits s'abaissant en direction du fond du vallon.

Leur genèse peut être reconstituée comme suit (Fig. 1) :

- (1-2) : une grande fracture ouverte est remplie par des éboulis, lesquels se cimentent en brèche lors d'une phase climatique chaude à humidité contrastée. Cette formation bréchique devient beaucoup plus résistante que les calcaires environnants, intensément fracturés ;

- (3) : l'érosion glaciaire agit préférentiellement de part et d'autre des brèches, au dépens des calcaires fracturés, créant une inversion de relief ;

- (4) : depuis la dernière déglaciation, les brèches ont été karstifiées. En surface, des lapiaz aux formes vacuolaires présentent un aspect rugueux. Un gouffre d'une douzaine de mètres de profondeur (Fk20 bis) s'est formé en bordure de l'escarpement. L'encaissant étant exempt de fracturation, la section du puits est parfaitement circulaire et entièrement due à la dissolution. Les parois sont lissées au sommet par le ruissellement et à la base déchiquetées en "dentelles" par la dissolution différentielle des éléments bréchiques. Le fond du puits est occupé par un culot de neige résiduelle. A partir de là, le diamètre du puits diminue rapidement, pour devenir impénétrable. Cet aspect pourrait s'expliquer par une dissolution active, et donc une perte rapide de l'agressivité des eaux de ruissellement au contact de la formation bréchique légèrement poreuse.

Ces brèches de versant représentent d'importants jalons de l'évolution morphologique. Elles moulent parfois une topographie antérieure à leur formation, dans notre cas une amorce de vallon peut-être anté-quaternaire. En haute-montagne, la difficulté de leur interprétation réside souvent dans le manque d'éléments caractéristiques parmi les constituants et dans leur situation isolée du reste du contexte morphologique. De ce fait, l'attribution de leur âge n'est bien souvent que très approximative. Des exemples relativement similaires sont connus dans le massif du Dachstein en Autriche (observations de H. TRIMMEL), d'autres datés approximativement du Günz, dans les Dolomites de la Brenta (M. CHARDON, 1974, NICOD J. 1976). Dans le domaine méditerranéen, ces formations sont relativement fréquentes, comme celles du versant sud du Nanos, en Slovénie (M. AMBERT *et al.*, 1986), de Grèce ou de Crète (R. MAIRE, 1990).

Il arrive également que des dépôts de nature voisine, comme les conglomérats, soient affectés par la karstification. De tels phénomènes ont été mis en évidence en Slovénie dans d'anciennes terrasses de la Save (S. MORAWETZ, 1968), ainsi que dans les conglomérats pontiens du Montello, près de Trévise (Italie).

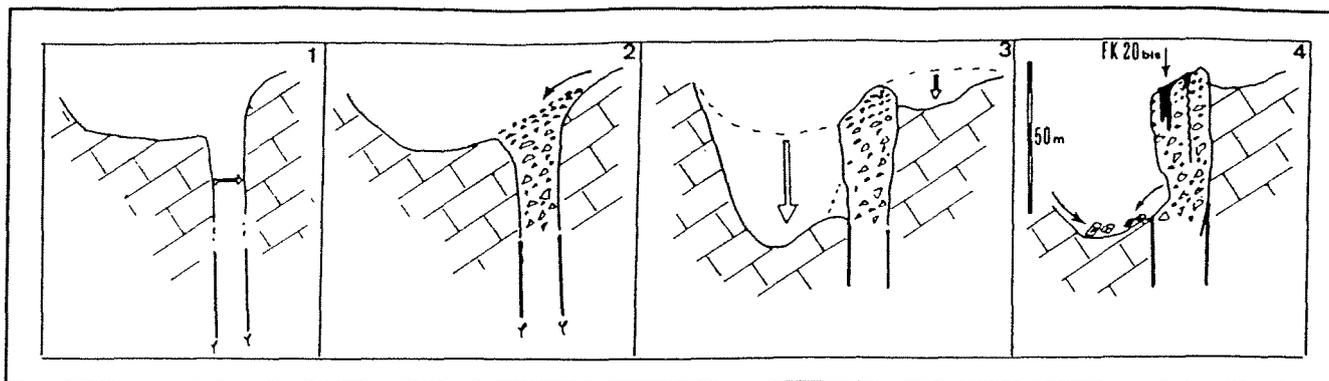


Figure 1- Formation et évolution des brèches de versant (détail de la légende : voir texte).

2. Les formations endokarstiques exhumées

En plus de multiples cavités liées aux processus glaciaires et nivaux, il existe des témoignages de karstifications anciennes, soit sous forme de paléocavités démantelées par l'érosion, soit sous forme de remplissages.

- Les paléocavités : ces cavernes se présentent sous la forme de courts tronçons de galeries très ébouleuses, de quelques mètres de diamètre (Fk8, Fk12, Fb 33...). Elles recèlent en quantité variable des sédiments anciens (infra).

- Le ciment-brique et les croûtes ferrugineuses : des fractures anciennes ont été remplies d'argiles rouges ultérieurement cimentées, formant un ciment-brique (R. MAIRE, 1990). Cette formation est parfois homogène, parfois litée. Par ailleurs, des fragments d'oxydes de fer, provenant de paléosols cuirassés, parsèment fréquemment les lapiaz. Ces fragments sont composés de pisolites ferrugineuses agglomérées par un ciment de même nature (N. GOURDON-PLATEL et J. DUBREUILH, 1992). Ces dépôts rouges ou bruns sont particulièrement fréquents autour du sommet du Grintovec, où ils ont été moins affectés par l'érosion glaciaire.

- Les argiles jaune clair : il s'agit d'éléments fins cimentés, colmatant des paléocavités partiellement démantelés.

- Les poudingues : ces remplissages karstiques sont composés d'éléments de nature différente, tels des grains de quartz et des pisolites de fer, liés par un ciment beige clair ou saumon. Ils proviennent d'altérites remaniées et piégées dans le karst (Ph. AUDRA, 1995).

- Les planchers stalagmitiques : des formations massives de calcite apparaissent, soit à l'intérieur des anciennes cavités (Fk12), soit en surface, où elles jalonnent le tracé d'anciennes galeries souterraines (Fk7). Il s'agit d'une calcite stratifiée à grands cristaux transparents, avec des lits teintés de brun.

L'ensemble de ces cavités et des formations endokarstiques associées est affecté par une fracturation postérieure à leur mise en place ("néotectonique"). Ce sont des

témoins de phases de karstification très anciennes, développées dans un contexte morphogénétique fort différent de l'actuel. Les éléments détritiques fins ayant colmaté les paléocavités ont été mis en place par des circulations noyées lentes, proches du niveau de base d'alors. L'occurrence de climats chauds est bien enregistrée par des dépôts caractéristiques (calcite transparente massive, ciment-brique, oxydes de fer...). Ainsi, ces témoignages dénotent d'un environnement d'âge incontestablement anté-quadernaire, avec un climat chaud et un relief peu vigoureux.

Des observations de même nature ont été réalisées sur les différents massifs slovènes (P. HABIC, 1992). Les parties sommitales présentent fréquemment des reliefs hérités, associés à des formations anciennes piégées dans le karst. Les pics massifs couronnant les sommets du Triglav sont interprétés comme étant des karsts à buttes ayant évolué sous couvertures d'altérites, comme en témoignent les poches d'argiles rouges à pisolithes d'oxydes de fer ("sidérolithique"). Entre ces buttes des rivières de faible énergie inondaient de vastes secteurs et déposaient des nappes d'alluvions. Leur localisation à proximité du niveau de base a permis de façonner des aplanissements de nature fluvio-karstique (J. NICOD, 1992). Ces épanchages fluviaux sont de sables siliceux de couleur rouge, jaune ou verte, parfois grésifiés ainsi que des galets et des cailloutis à silice. L'altération de l'ensemble de ces dépôts évoque une pédogenèse de type tropicale humide. Leur situation actuellement perchée en altitude (entre 2 500 et 2 800 m pour le Triglav) leur confère un âge néogène, antérieur ou contemporain de la dernière grande surrection.

Ces cours d'eau, provenant des zones des flyschs, se dirigeaient alors vers le nord-est, en direction du Danube. La surrection des Alpes les a ensuite détournés et ils ont été capturés au profit du bassin adriatique. Ces observations morphologiques permettent ainsi de reconstituer des paléohydrographies et des paléoreliefs forts différents du contexte actuel, dont l'élaboration et l'évolution était en relation avec les conditions paléoclimatiques et géodynamiques anciennes.

IV - CONCLUSION

Nos observations mettent en évidence une morphogénèse complexe, combinant les processus glaciaires et karstiques dans des environnements très contrastés :

- les vestiges endokarstiques sont la marque de karstifications sous climat chaud, antérieures à la dernière phase de surrection alpine (Miocène ou antérieur ?). Ils sont préférentiellement localisés sur les crêtes environnant le Veliki Podi (Grintovec, Kogel...), moins affectées par le creusement glaciaire ;

- les brèches de versant sont liées à une activité tectonique, toujours dans un contexte chaud. Elles sont néanmoins plus récentes que les cavités et les remplissages précédemment évoqués, car elles attestent de l'existence d'un relief plus semblable à l'actuel, avec des vallons déjà organisés en direction de la vallée de Kamnik ;

- le glacio-karst est particulièrement bien développé dans tout le Veliki Podi où le surcreusement quaternaire a été important, avec notamment de beaux témoins morainiques des ultimes phases glaciaires (J. KUNAVÉR, 1983) ;

- le pluvio- et nivo-karst actuel présente toutes les caractéristiques des karsts hauts-alpins.

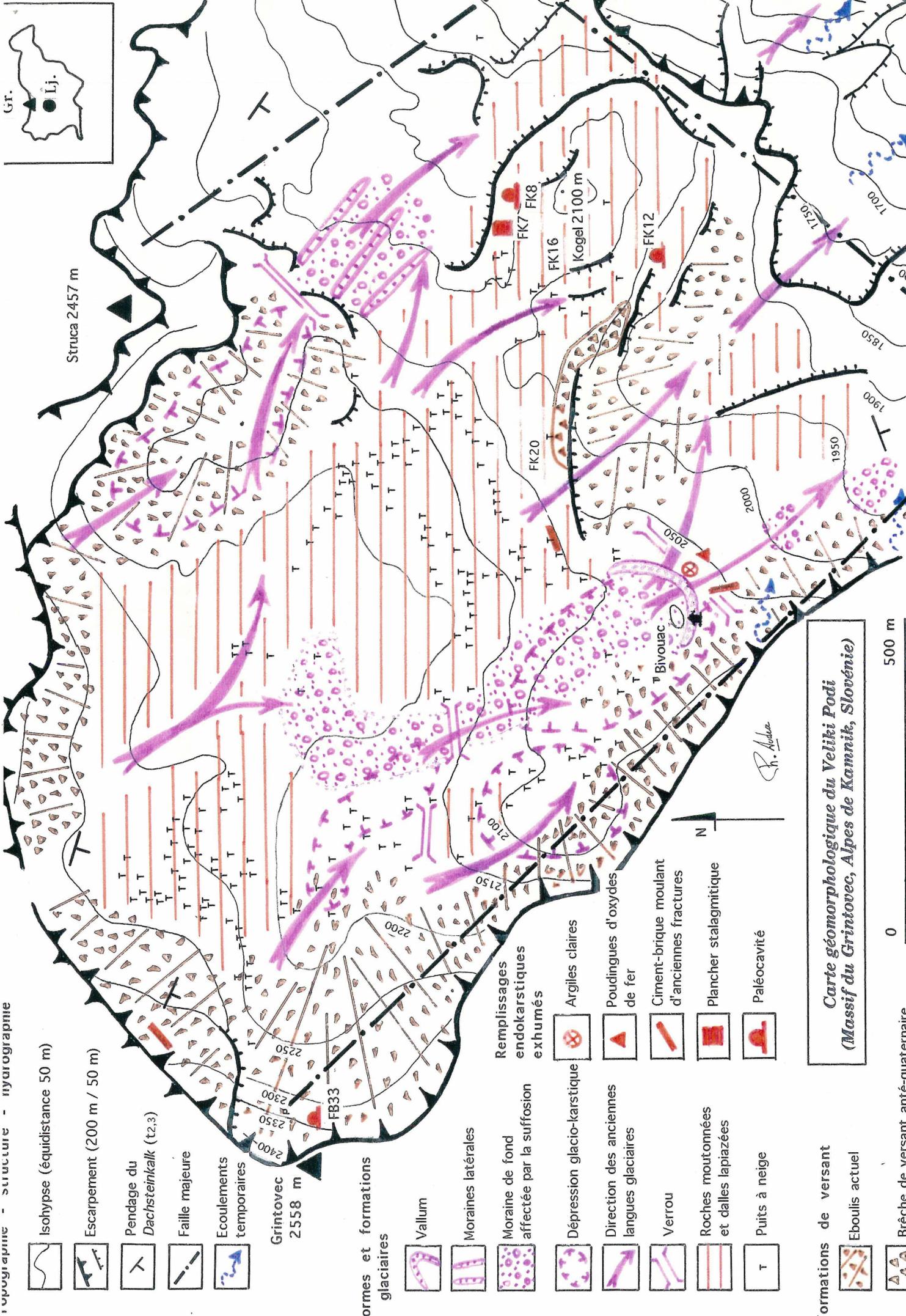
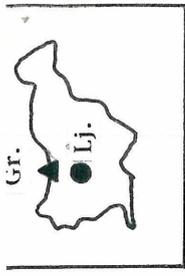
D'une manière plus générale, ce massif s'inscrit dans le modèle global de l'évolution des karsts alpins (Ph. AUDRA, 1994). Il s'agit dans un premier temps de fluvio-karsts qui s'élaborent au Tertiaire dans un contexte climatique de type tropical, auxquels correspondent plusieurs caractères typiques : évolution sous couverture d'altérites, régime hydrologique contrasté avec des mises en charges de poljés et de cavités, vastes réseaux souterrains subhorizontaux alimentés par les cours d'eau allogènes. Progressivement, la surrection alpine va porter en altitude ces karst, qui évoluent alors dans un contexte de haute montagne. Le refroidissement climatique quaternaire imprime ses marques dans la morphologie de ces karsts perchés : modelé superficiel glacio-karstique typique des hauts massifs calcaires qui s'emboîte dans les reliefs hérités des périodes précédentes, profonds gouffres recoupant d'anciens niveaux de conduits horizontaux déconnectés des écoulements actuels. En dehors de la Slovénie, les exemples abondent dans les Préalpes françaises du Nord (Ph. AUDRA *et al.*, 1994), en Suisse (P.-Y. JEANNIN, 1990), en Lombardie (A. BINI et A. UGGERI, 1992), ainsi qu'en Autriche (Ph. AUDRA, 1994).

Une étude plus détaillée des diverses formations du Grintovec apporterait sans doute d'intéressants compléments sur l'évolution de ce secteur, en regard du contexte régional slovène. La difficulté principale réside dans l'utilisation de méthodes de datation appropriées à des dépôts aussi anciens.

REMERCIEMENTS : Mes remerciements s'adressent à Cl. MARTIN et R. MAIRE pour la relecture de cette note, ainsi qu'à J. Nicod pour les indications bibliographiques concernant les brèches.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMBERT M., AMBERT P. et NICOD J. - 1986. Géomorphologie de la Slovénie et de la Croatie. *Revue de géographie de l'Est*, n° 1-2, p. 3-25.
- AUDRA Ph. - 1994. Karsts alpins. Genèse de grands réseaux souterrains. Exemples : le Tennengebirge (Autriche), l'île de Crémieu, la Chartreuse et le Vercors (France). *Karstologia Mémoires*, n° 5, Thèse de l'Université J. Fourier - Grenoble I, 280 p.
- AUDRA Ph. - 1995. Signification des remplissages des karsts de montagne, *Karstologia*, n° 25, p. 13-20.
- AUDRA Ph., DELANNOY J.-J. et HOBLEA F. - 1994. Signification paléogéographique des réseaux perchés des Préalpes françaises du Nord. Exemples en Chartreuse et Vercors. *Études de géographie physique*, n° XXII, URA 903 - CAGEP, Aix-en-Provence, p. 3-18.
- BINI A. et UGGERI A. - 1992. Sédimentation en milieu périglaciaire : l'exemple de la grotte Shanghai (Monte Campo dei Fiori, Varese, Lombardie, Italie). *Journées Pierre Chevalier, Grenoble*, p. 118-137.
- BRINOVEC S. - 1994. *Atlas Slovenije za solo in dom*. Ljubljana, 126 p.
- CHARDON M. - 1974. *Les Préalpes lombardes*, Thèse, éd. Champion, 2 t.
- FORD D. C. - 1992. Karst et glaciations au Canada. In : *Karst et évolutions climatiques, hommage à J. Nicod*, Presses universitaires de Bordeaux, p. 249-266.
- GOURDON-PLATEL N. et DUBREUILH J. - 1992. Les ferruginisations et les argiles associées au paléokarst tertiaire du Périgord (Dordogne, France). In : *Karst et évolutions climatiques, hommage à J. Nicod*, Presses universitaires de Bordeaux, p. 449-460.
- HABIC P. - 1992. Les phénomènes paléokarstiques du karst alpin et dinarique en Slovénie. In : *Karst et évolutions climatiques, hommage à J. Nicod*, Presses universitaires de Bordeaux, p. 411-428.
- JEANNIN P.-Y. - 1990. Néotectonique dans le karst du nord du lac de Thoune (Suisse), *Karstologia*, n° 15, p. 41-54.
- KUNAVÉR J. - 1983. Geomorfoloski razvoj Kaninskega pogorja s posebnim ozirrom na glaciokraske pjavne (Geomorphology of the Kanin mountains with special regard to the glacio-karst). *Geografski zbornik*, Ljubljana, t. XXII, 346 p + 2 cartes HT.
- MAIRE R. - 1990. *La haute montagne calcaire*. *Karstologia Mémoires*, n° 3, Thèse d'Etat, Nice, 731 p.
- MORAWETZ S. - 1968. Dolinen auf pleistozänen Schotterterrassen zwischen Nockla und Kamnja Gora an der Save. *Zeitschrift für Geomorphologie*, t. 12, n° 2, p. 224-230.
- NICOD J. - 1976. Les Dolomites de la Brenta, karst haut-alpin typique et le problème des cuvettes glacio-karstiques. *Zeitschrift für Geomorphologie*, suppl. t. 26, p. 35-57.
- NICOD J. - 1992. Formes d'aplanissement dans les roches carbonatées. *Proceedings of Karst Symposium, Blaubeuren 1989 - Tübinger Geographischen Studien*, n° 109.



- Isohyse (équidistance 50 m)
- Escarpement (200 m / 50 m)
- Pendage du Dachsteinkalk (tz.3)
- Faille majeure
- Ecoulements temporaires

Grintovec
2558 m

Formes et formations glaciaires

- Vallum
- Moraines latérales
- Moraine de fond affectée par la suffosion
- Dépression glacio-karstique
- Direction des anciennes langues glaciaires
- Verrou
- Roches moutonnées et dalles lapiazées
- Puits à neige

Remplissages endokarstiques exhumés

- Argiles claires
- Poudingues d'oxydes de fer
- Ciment-brique moultant d'anciennes fractures
- Plancher stalagmitique
- Paléocavité

Formations de versant

- Eboulis actuel
- Brèche de versant anté-quaternaire

Carte géomorphologique du Veliki Podi
(Massif du Grintovec, Alpes de Kamnik, Slovénie)

0 500 m

R. Andina

Conclusion

Malgré la découverte du Brezno pod Koglom, les explorations de cette année se sont révélées très décevantes, tout comme celles de l'an dernier. La grande majorité des gouffres est obstruée par les éboulis ou la neige, à moins qu'ils ne soient très rapidement impénétrables. L'intense fracturation du massif favorise la dispersion des infiltrations, au détriment de cavités larges dès la surface.

Lorsque de rares cavités de taille plus importante existent, leur exploration est entravée par la néotectonique qui crée des éboulements et surtout par le rétrécissement progressif des méandres. Ces considérations nous ont amenés à rechercher d'autres secteurs d'activité. Une reconnaissance prometteuse sur le mont Kanin, près de la frontière italienne, a permis de définir un objectif motivant pour l'année prochaine.