



COMMUNE DE SALINS-LES-BAINS (39)

FALAISE DU FORT BELIN
EXAMEN DES RISQUES DE CHUTE DE MASSES ROCHEUSES
ET DEFINITION DES PARADES

R.32452-FRC.4S.91

LYON, MARS 1991

par A.M. MALATRAIT

BRGM - RHÔNE-ALPES

29, boulevard du 11-Novembre - B.P. 6083 - 69604 Villeurbanne cedex, France
Tél.: 33 78.89.72.02 - Télécopieur : 33 78.94.12.64 - Télex : 380 966 F

SALINS-LES-BAINS (39) - FALAISE DU FORT BELIN
EXAMEN DES RISQUES DE CHUTE DE MASSES ROCHEUSES
ET DEFINITION DES PARADES

R.32452-FRC.4S.91

MARS 1991

RESUME

CADRE DE L'ETUDE

Des risques de chute de masses rocheuses ont été révélés à la suite d'un écoulement survenu le 16.11.1990 dans la falaise située sous le Fort Belin dominant la ville de Salins-les-Bains. Afin d'éliminer cette menace, les responsables de la Commune ont demandé au Service Régional Rhône-Alpes du BRGM d'examiner cette falaise et de définir les types de parades à mettre en oeuvre.

MOYENS

Un examen hélicoptéré a permis de repérer un certain nombre de masses rocheuses fracturées et décomprimées et de prendre une série de clichés photographiques.

Une observation rapprochée, en méthode alpine, avec le concours de la Gendarmerie de montagne de Salins, a permis d'identifier des masses instables et d'examiner en détail les facteurs qui sont à l'origine des dégradations lentes de cette falaise.

RESULTATS DE L'EXAMEN

Onze points font l'objet d'une description détaillée, illustrée par une série de clichés photographiques, et d'un diagnostic.

Le bilan montre :

- qu'il existe de nombreuses masses rocheuses instables de volume variable, de 0,1 à plusieurs dizaines de mètres cubes ;
- que la pente boisée est exposée à un danger fort de chute de blocs dont le volume n'excède pas 1 à 2 m³, sauf pour le point n° 2 où il peut dépasser 10 m³ ;

- le point n° 1 (écroulement du 16.11.1990) présente une corniche fracturée menaçante d'environ 5 m3.

REMEDES

Deux types de solutions sont envisageables :

- traitement isolé point par point (destruction ou confortement) nécessitant des travaux souvent très difficiles à mettre en oeuvre ;
- traitement éloigné, en pied de versant (écran pare-blocs, piège) qui ne pourra pas assurer la sécurité de la pente boisée.

Une solution mixte apparaît préférable, compte tenu du caractère des masses instables et de l'environnement, à savoir :

- confortement de la corniche, au point n° 1 ;
- destruction partielle et confortement du pilier n° 2 ;
- pose d'un écran pare-blocs prolongé par un grillage pare-pierres en pied de falaise.

RECOMMANDATIONS

La mise en oeuvre de ces travaux devra s'appuyer sur un avant-projet défini à partir de données topographiques précises.

La sécurité du site ne sera totalement assurée à long terme que si une surveillance est pratiquée, sous la forme d'une visite détaillée espacée de 5 à 10 ans.

INGENIEUR RESPONSABLE DE L'ETUDE.....	A.M. MALATRAIT
DESSIN.....	J.F. RIEUX
SECRETARIAT.....	S. BELLON

Outre le résumé, ce rapport contient : 18 pages de texte, 3 tableaux, 2 figures et 1 annexe.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
1. <u>CADRE DE L'ETUDE</u>	2
2. <u>CONTEXTE GEOLOGIQUE</u>	2
3. <u>IDENTIFICATION DES MASSES INSTABLES</u>	4
4. <u>BILAN</u>	11
5. <u>REMEDES</u>	13
6. <u>CONCLUSIONS</u>	17

LISTE DES FIGURES

- . Figure 1 : Carte de situation à 1/25 000.
- . Figure 2 : Croquis descriptifs des points n° 1 et 2.

-
- . ANNEXE : Planches photographiques.
-

1. CADRE DE L'ETUDE

A la suite de l'éroulement du 16 novembre 1990 sous le Fort Belin, une première observation a été pratiquée le 20 novembre. Un constat a été établi (compte-rendu du 20.11.90) et des mesures d'urgence ont été engagées pour assurer la sécurité du site à court terme.

L'existence d'événements ces dernières années (écroulements en 1988 ou 1989, purges en 1990) témoigne de dégradations en cours dans la falaise, versant nord-ouest, sous le Fort Belin qui domine de 250 m la ville de Salins (carte de situation fig. 1).

Afin de mettre totalement en sécurité la zone en pied de versant, il était nécessaire d'identifier plus précisément les risques de chute de masses rocheuses et, à partir de ceci, de définir les protections à mettre en oeuvre, en tenant compte de l'environnement. C'est l'objet de l'étude réalisée en février et mars 1991, dont les résultats sont consignés dans le présent rapport.

Celle-ci comporte :

- un examen détaillé de la falaise, hélicoptère et en méthode alpine ;
- un diagnostic sur les risques de chute de masses rocheuses ;
- un examen des types de parades à mettre en oeuvre.

En annexe de ce rapport, une série de planches photographiques illustre les descriptions.

2. CONTEXTE GEOLOGIQUE

Le promontoire du Fort Belin, orienté NE-SW, est constitué par des calcaires en gros bancs, du Jurassique supérieur, inclinés de 35 à 50° vers le sud-ouest (flanc oriental d'un anticlinal N.45°). La barre rocheuse qui se développe vers le nord-est, en direction structurale, est façonnée par de nombreuses cassures, de directions axiales et obliques.

Les principaux caractères des discontinuités sont les suivants :

* Stratification So :

Elle apparaît régulière, N.45 à 50°, 37 à 50°E. Les plans ne sont pas toujours continus, souvent rugueux et décomprimés, plus marqués vers le sommet ; leur position en pendage apparemment inverse est la cause de nombreux surplombs qui accidentent la falaise. Ceux-ci ont en général une faible avancée, au maximum 2 à 2,5 m (clichés n° 6, 7, 15, 18, 19, 20, 23).

* La première famille de fractures principales, Δp_1 , de direction N.135° à 150° et à pendage moyen 75 à 80° vers l'est, recoupe la direction So presque perpendiculairement. Elle correspond aux grandes directions décrochantes du massif jurassien. Ces fractures apparaissent souvent discontinues mais assez denses localement (espacement inférieur à 1 m) et souvent ouvertes de 1 à plusieurs centimètres. Ce sont elles qui découpent la crête avec de nombreuses facettes perpendiculaires ou obliques et qui déterminent des piliers, couloirs, cheminées subverticales dans la falaise (clichés n° 1, 2, 3 et 4).

* La deuxième famille de fractures principales, Δp_2 , de direction N.50 à 65° et à pendage moyen entre 50 et 65°, est en direction structurale, c'est-à-dire parallèle à So. Cette famille correspond aux cassures axiales qui affectent les plis et qui, d'une façon générale, sont plus ouvertes vers le sommet. Leur continuité et leur densité varient considérablement d'un lieu à un autre, leur espacement est en moyenne de 1 à plusieurs mètres. Ces fractures sont bien visibles sur le flanc sud-ouest de l'éperon, parcouru par un escalier, notamment au sommet où leur écartement est inférieur à 1 mètre. Leur regard vers le nord-ouest constitue la cause mécanique principale de déstabilisation des têtes de bancs en "porte-à-faux", et d'une façon générale de la décompression du massif jusqu'à plusieurs mètres de profondeur (clichés n° 6, 7, 14, 18, 23).

* Une famille de fractures secondaires Δs_1 , associée à Δp_1 , de direction N.110° et à pendage de 80° vers le sud, apparaît très peu développée, localisée semble-t-il à la partie inférieure de la falaise. Ces fractures sont discontinues mais souvent très ouvertes. Elles participent localement à la désolidarisation de masses instables.

3. IDENTIFICATION DES MASSES INSTABLES

L'examen détaillé de la falaise, haute d'une cinquantaine de mètres au droit du fort, a révélé une dizaine de points sensibles (clichés panoramiques n° 1 et 2) parmi lesquels quatre présentent une ou plusieurs masses très instables de volume supérieur à plusieurs mètres cubes.

Les onze points situés sur le cliché n° 1 font l'objet d'une description et d'un diagnostic à part, ci-dessous.

Il faut signaler que les petites masses rocheuses instables n'ont pas retenu l'attention car, d'une part la probabilité pour que leur chute jusqu'au pied du versant apparaît très faible, et d'autre part elles seront traitées dans le cadre des travaux définis au § 5.

Point n° 1 (clichés n° 3, 4, 5 et 6)

. Description :

Masse surplombante au sommet du dièdre libéré par l'écroulement du 16.11.90. Cette masse décomprimée est découpée par des fractures ouvertes $\Delta p1$ et $\Delta p2$, souvent remplies de terre ; elles se poursuivent à l'amont, mais leur continuité jusqu'au pied du rempart n'est pas certaine, tout au moins pour $\Delta p2$.

. Diagnostic :

La partie la plus fragile est délimitée par le plan $\Delta p1$ et par la petite crevasse remplie de terre (clichés n° 4 et 6) ; ce volume très instable (n° 1a), de 4 à 5 m³, apparaît fragmenté en éléments de 0,1 à 1 m³ (croquis fig. 2).

La partie voisine, au-dessus et au sud-ouest (n° 1b) apparaît moins décomprimée, mais doit être considérée comme instable, surtout après la chute de la masse n° 1a. Le volume est du même ordre que cette dernière.

Au total, 8 à 10 m³ présentent un risque de chute avec une probabilité forte pour que des blocs jusqu'à 1 m³ atteignent le pied de la pente.

Point n° 2 (clichés n° 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15 et 19)

. Description :

Ecailles superposées constituant un pilier (cli. n° 1 et 15), désolidarisées du massif fracturé et décomprimées en maints endroits. Les discontinuités qui découpent les masses instables appartiennent aux familles structurales principales : So, Δp_1 , Δp_2 et Δs . Les caractères des diverses parties qui ont été distinguées de haut en bas (n° 2a, 2b, 2c, cf. croquis fig. 2) sont les suivants :

n° 2a : écaille massive largement décollée, haute de 4,50 m et épaisse de 0,80 m au sommet à 1,80 m à la base. Volume estimé à 16 m³. Une zone entièrement disloquée, large de 1 à plusieurs mètres, sépare l'écaille du massif non déformé. La crevasse au sommet présente des indices d'élargissement récent. La base surplombante de l'écaille est en butée sur la partie inférieure n° 2b, à la faveur d'un plan So bien marqué (croquis fig. 2). Le volume de l'écaille n° 2a et de la zone disloquée en arrière dépasse 20 m³.

n° 2b : écaille compacte, décollée suivant plusieurs plans Δp_2 et So "en baïonnettes" (croquis fig. 2), épaisse de 1 à 2,5 m et haute de 6 m environ. Volume estimé à une trentaine de m³. La fissure Δp_1 , au nord-est, est ouverte vers le haut (cliché n° 10 : crevasse est). Au sud-ouest, la zone disloquée se poursuit vers le bas en s'atténuant. La crevasse ouest disparaît au niveau de la partie inférieure n° 2c (clichés n° 7 et 13). La base surplombante au sommet d'un dièdre (Δp_1 et Δp_2 , cliché n° 10) est en butée sur la partie n° 2c, suivant la même disposition qu'au-dessus (croquis fig. 2 et cliché de détail n° 19).

n° 2c : écaille fracturée, mal circonscrite, localement décollée et décomprimée dans sa partie supérieure suivant Δp_1 et Δp_2 (cliché n° 10), et au sud-ouest suivant Δp_1 , Δp_2 et Δs . La base apparaît fissurée, mais plus compacte et peu déformée (cli. n° 9 et 10) ; elle n'atteint pas le pied de la falaise. Son volume est de 20 à 30 m³.

Il faut noter que le point n° 5, situé en contrebas, n'est pas à l'aplomb du pilier, mais décalé de quelques mètres vers le nord-est (clichés n° 9 et 10).

. Diagnostic :

Le volume total des masses instables est de l'ordre de 80 m^3 (soit environ 200 tonnes).

Le mécanisme des déformations est "un jeu" des différentes discontinuités entre elles sous l'effet de la pesanteur, soit :

- So : traction
- $\Delta p1$: cisaillement latéral
- $\Delta p2$: glissement

Le mouvement général est un léger affaissement et une ouverture vers le haut suivant $\Delta p2$, soit un basculement léger du sommet.

Ce mouvement est freiné par la rugosité des $\Delta p2$, les frottements latéraux ($\Delta p1$ et Δs) et surtout les multiples butées sur So.

Il est certain que l'eau joue un rôle sur l'évolution en cours : altération des épontes des fractures, pressions interstitielles et surtout alternance gel-dégel.

La partie sommitale (écaille n° 2a) paraît la plus fragile, basculant vers le vide à la faveur des petits tassements de la partie inférieure n° 2b. Sa chute peut se produire isolément par rupture de l'assise.

Actuellement, aucun indice ne permet d'apprécier à quel stade de l'évolution se situe cette écaille. Cette évolution dépend de la vitesse des déformations, dont la quantification est complexe, et de la résistance de la butée à la base, en relation avec les caractéristiques mécaniques de la roche.

En cas de chute, il est probable que cette écaille se fragmentera, mais un monolithe allongé de 10 à 12 m^3 peut atteindre le pied de la pente en glissant et roulant.

L'écroulement de l'ensemble du pilier paraît peu probable actuellement. Cependant il faut considérer que cette menace n'est pas négligeable et qu'elle augmentera dans le temps.

Point n° 3 (clichés n° 1 et 16)

. Description :

Bloc monolithique, de forme générale parallélépipédique. Volume de 2 à 3 m³. Décollement suivant Δp_1 subvertical (cliché n° 16) et cisaillement sur Δp_2 au nord.

. Diagnostic :

Bloc basculé, mais apparemment maintenu par S_0 à pendage amont. La stabilité actuelle ne semble pas menacée, mais doit être considérée comme fragile et susceptible d'évoluer soudainement.

En cas de chute, ce bloc devrait tomber sur l'escalier d'accès au fort et se diriger ensuite vers les terrasses larges en contrebas, qui constituent des zones d'arrêt.

Point n° 4 (clichés n° 1, 15 et 18)

. Description :

Grosse écaille compacte, à mi-hauteur sur l'éperon. Volume d'une quinzaine de mètres cubes.

La fissure qui s'ouvre à la base surplombante se referme vers le haut, notamment avant la zone d'appui du mur (cliché n° 15).

Quelques masses situées juste en-dessous (0,1 à 1 m³) apparaissent légèrement décomprimées dans de petits dièdres (cliché n° 18).

. Diagnostic :

L'écaille paraît solidaire du massif, avec l'existence de ponts rocheux dans la partie supérieure. Elle ne présente donc pas actuellement une menace de chute. Dans les prochaines décennies, il est possible que les liaisons se dégradent et que ceci entraîne à longue échéance une déstabilisation et la chute.

Point n° 5 (clichés n° 1, 9 et 10)

. Description :

Écroulement récent (1 ou 2 ans) en pied de falaise, en contrebas du pilier n° 2.

Le croquis fig. 2 illustre la situation de la masse écroulée. Il s'agissait d'une écaille de 4 à 5 m³ découpée suivant Δp_2 . Les blocs plats ont glissé sur la pente rocheuse abrupte (40°) boisée et se sont arrêtés sur un replat qui constitue le sommet des éboulis. Le plus volumineux atteint 2 m³.

. Diagnostique :

Cet écroulement correspond à la rupture relativement superficielle d'une zone très décomprimée au pied de la falaise, ici subverticale, sur une vingtaine de mètres de hauteur.

Il est possible que de légers mouvements verticaux se soient produits dans cette falaise, à l'origine d'un "éclatement" du pied. Ces mouvements touchent probablement l'ensemble de la falaise, notamment la zone du pilier n° 2. Cette hypothèse ne peut être confirmée ou infirmée qu'avec des mesures précises, étalées dans le temps.

Point n° 6 (clichés n° 1, 9 et 190)

. Description :

Masses de 0,1 à 1 m³ décollées du massif, au pied du ressaut situé au nord-est du pilier n° 2, au niveau de l'élément n° 2b. Une crevasse se développe sur une vire étroite, masquée par la végétation. Les masses basculées sont en butée sur des plans S_0 à pendage amont ; l'assise est découpée par des fractures discontinues, souvent ouvertes vers le haut.

. Diagnostic :

Ces masses désolidarisées traduisent l'existence de décompressions relativement superficielles, à la faveur de Δp_2 . Elles sont maintenues par les

plans So et sont relativement stables lorsque l'assise est peu fracturée. Au contraire, lorsque celle-ci est disloquée, des blocs isolés peuvent basculer et tomber soudainement.

Point n° 7 (clichés n° 1 et 8)

. Description :

Situé en rive droite du couloir n° 1, le contexte est sensiblement le même que celui du point n° 6, avec des masses cependant moins volumineuses.

. Diagnostic :

Des blocs déstabilisés, de quelques dizaines à quelques centaines de litres, peuvent tomber au pied du couloir n° 1. Il est probable que leur course s'arrêtera là, au milieu des blocs écroulés en mai 90.

Point n° 8 (clichés n° 12, 14 et 15)

. Description :

Cavités karstiques inactives, très humides, qui se sont développées suivant la direction de Δp_2 , c'est-à-dire N.60°, sensiblement parallèlement au pied de la falaise (cliché n° 14).

Au-dessus, des masses décomprimées et surplombantes (5 à 10 m³ au total) reposent sur des joints altérés discontinus inclinés de 10 à 20° vers le nord, bien visibles sur le cliché n° 14. Des suintements apparaissent dans ces discontinuités, probablement drainantes.

. Diagnostic :

Les masses situées au-dessus des cavités ne présentent pas d'indices de mouvements en cours, notamment sur les joints altérés.

Remarque : l'existence d'un tel contexte, s'il se développe plus en profondeur, peut expliquer la désorganisation plus ou moins prononcée du massif et sa déstabilisation locale.

Point n° 9 (cliché n° 17)

. Description :

Masse basculée d'une dizaine de mètres cubes, située au pied de la falaise. Le décollement s'est effectué en partie suivant la direction de So, au niveau d'un conduit karstique.

. Diagnostic :

Le mouvement apparaît très ancien et ne montre pas d'indice d'activité récente. Ce bloc peut être considéré comme stable actuellement. Par contre, au-dessus, le massif fracturé au nord-est présente des parties instables.

La chute de blocs isolés, de quelques centaines de litres, est ici possible. L'écroulement d'un volume supérieur (1 à plusieurs m³) ne peut pas être écarté à long terme. Dans ce cas, des blocs atteindront probablement le pied de la pente d'éboulis.

Point n° 10 (clichés n° 20, 22 et 23)

. Description :

Zone purgée en 1990. Les discontinuités du massif sont nettes : So (décollement) et Δp_2 (glissement). Le volume de la masse décomprimée, au sud-ouest (cliché n° 23), est de 2 à 3 m³. Elle apparaît maintenue par les bancs inférieurs.

Les surplombs ne présentent pas actuellement de fissures de décollement.

. Diagnostic :

La purge paraît complète sur ce point. La masse décomprimée peut être considérée actuellement comme stable ; à long terme, il est probable que les décollements s'accroîtront, prémices d'une déstabilisation en cours.

Point n° 11 (clichés n° 20 et 21)

. Description :

Dièdre purgé en 1990.

. Diagnostic :

Purge assez complète. Seuls des petits blocs, issus de la paroi sud fracturée, peuvent encore tomber, sans atteindre le pied de la pente.

4. BILAN

L'examen détaillé de la falaise montre qu'il existe plusieurs masses rocheuses instables, qui présentent des risques pour les pentes en contrebas, et dont les principaux caractères sont synthétisés dans le tableau n° 1 page suivante.

Il ressort de ce tableau n° 1 que :

- le volume des masses instables est souvent inférieur à 10 m^3 ; seul le point n° 2 possède un volume important, soit 80 m^3 au total ;
- en cas de chute, la fragmentation des masses donnera des blocs de volume maximum :
 - . souvent inférieur à 2 m^3 ;
 - . en moyenne de l'ordre de $0,5$ à 1 m^3 ;
 - . où seul le point n° 2 peut fournir un élément de 10 à 12 m^3 ;
- la pente boisée apparaît très exposée ;
- le pied de la pente apparaît actuellement moyennement exposé compte tenu des indices d'évolution observés de façon visuelle. Il n'est pas tenu compte ici de la digue en terre érigée en 1989 et destinée à protéger la route ;
- les points n° 1, 2 et 6 présentent les niveaux de risque les plus élevés actuellement.

TABLEAU n° 1 : CARACTERISATION DES RISQUES

N° Référ.	Volume				Situation dans la falaise	Volume maxi des fragments en cas de chute	Evolution actu- elle vers la rupture	Possibilité d'atteindre						Niveau du risque actuel											
								Pente Eb			Pied Eb														
	≤ 1 m ³	1 à 10 m ³	10 à 50 m ³	50 à 100 m ³				base	milieu	sommet	0,1 à 0,5 m ³	0,5 à 1 m ³	1 à 2 m ³		2 à 5 m ³	5 à 10 m ³	10 à 15 m ³	Certaine	Incertaine	Nullle	Faible	Moyen	Fort	Faible	Moyen
1		*					*												*					Très élevé	R 4
2				*	*								*							*				Elevé	R 3
3		*									*													Nul	R 0
4			*		*					*												*		Faible	R 1
5	*				*		*							*						*				Faible	R 1
6	*				*		*							*						*		*		Elevé	R 3
7	*				*		*								*					*				Moyen	R 2
8		*			*			*								*					*			Faible	R 1
9		*			*			*								*					*			Faible	R 1
10		*				*		*								*					*			Faible	R 1
11	*					*	*							*						*				Faible	R 1

Eb : éboulis

5. REMEDES

La mise en sécurité des pentes en contrebas de la falaise peut être envisagée de deux façons :

- par un traitement individuel de la plupart des points sensibles (purgé ou confortement), complété localement par un ouvrage de protection en pied de falaise (écran pare-blocs) ;
- par un traitement global de l'ensemble des points, en pied de falaise (écran pare-blocs) et/ou en pied de pente (fossé et digue en terre).

Le tableau n° 2 ci-dessous synthétise les différentes solutions possibles pour traiter chaque point.

TABLEAU n° 2 : TRAITEMENT DES POINTS

Réf	TRAITEMENT ISOLE				TRAITEMENT GLOBAL		
	Purgé		Confortement s/place		Ecran en pied de falaise		Piège à blocs en pied de pente : fossé + digue en terre
	Manuelle	Explosif	Grillage	Ancrage	Grillage pare-pierres	Filet pare-blocs	
1	non	Très délicat	non	béton et clous	non	oui (anti s.m)	oui
2	non	Très délicat	non	câbles et clous	non	non	oui
3	vérin	non	non	non	non	oui (anti s.m)	oui
4	non	oui	non	clous	non	non	oui
5	non	non	non	béton	non	oui	oui
6	Délicate, partielle	non	non	câbles et clous	non	oui	oui
7	Partielle	non	oui	non	oui	non	-
8	non	non	non	non	non	oui	oui

anti s.m. : anti sous-marin

Réf	TRAITEMENT ISOLE				TRAITEMENT GLOBAL		
	Purge		Confortement s/place		Ecran en pied de falaise		Piège à blocs en pied de pente : fossé + digue en terre
	Manuelle	Explosif	Grillage	Ancrage	Grillage pare-pierres	Filet pare-blocs	
9	non	non	non	non	non	oui	-
10	non	non	non	câbles et clous	non	oui	oui
11	oui partielle	non	oui	non	oui	non	-

Dans ce tableau n° 2, il ressort que :

- le traitement individuel peut s'appliquer à tous les points à risque moyen à très élevé ;
- seuls les points n° 8 et 9 ne sont pas à traiter isolément actuellement ;
- des écrans pare-blocs en pied de falaise seraient efficaces, sauf pour les points n° 2 et 4 ;
- le piège à blocs en pied de pente est totalement efficace pour la route et les habitations.

* TRAITEMENT INDIVIDUEL :

La confrontation des deux tableaux n° 1 et n° 2 et la prise en compte de l'environnement, des difficultés d'accès et d'exécution des travaux, ainsi que l'appréciation de leur coût, font l'objet du tableau synthétique n° 3 ci-dessous dans le cas de traitements isolés à mettre en oeuvre actuellement.

TABLEAU n° 3 : CAS DE TRAITEMENTS ISOLES

Réf	Moyens		Surveil- lance	Accès, Exécution			Coût		
	Léger	Lourd		Facile	Moyen	Diffic.	Faible	Moyen	Elevé
1		*	*			*			*
2		*	*			*			*
3	*					*	*		
4			*	*	*		*		
5			*				*		
6		*				*			*
7	*					*		*	
8			*	*			*		
9			*	*			*		
10			*		*		*		
11	*					*	*		

* Remarques :

Ces traitements isolés devront être complétés par une purge manuelle soignée des petits blocs instables épars dans la falaise ; cette opération délicate peut être évitée par la pose d'un grillage pare-pierres en pied de falaise.

Dans le cas d'un traitement individuel, d'une part l'élimination des risques s'avèrera délicate sur les points n° 1, 2 et 6, d'autre part les points non traités dans l'immédiat devront être surveillés périodiquement (repères, photos).

* TRAITEMENT GLOBAL :

Dans ce cas, aucune action n'est entreprise sur la falaise. Trois types d'ouvrages sont alors à mettre en oeuvre :

- en pied de falaise (grillage pare-pierres et filets pare-blocs) ;
- en pied de pente (piège à blocs).

Il s'agit de travaux lourds dont l'efficacité sera totale et durable. Le piège à blocs actuel, construit en 1989, serait prolongé sur une centaine de mètres vers le nord, avec des caractéristiques qui devront être détaillées à partir d'éléments topographiques plus précis.

* TRAITEMENT MIXTE :

Une solution combinant le traitement individuel de quelques points et le traitement global de toute la falaise paraît être la solution la mieux adaptée compte tenu de l'environnement à protéger, avec la présence notamment d'un bois parcouru par des piétons.

L'objectif est d'éliminer les risques d'écroulement volumineux et de mettre en place des écrans pare-blocs le plus haut possible dans la pente. Pour cela, différents types de travaux doivent être mis en oeuvre, par étape :

1. Traitement de points isolés :

- . Point n° 1 : . confortement avec mur béton et clous de 5 m de longueur.
- . Point n° 2 : . destruction à l'explosif de l'écaille n° 2a (16 m³) ;
 - . purge manuelle ;
 - . confortement de la partie n° 2b avec des câbles ancrés latéralement au rocher sain ;
 - . pose de témoins sur la fissure nord dans la partie n° 2c.
- . Points n° 4 et n° 10 : surveillance visuelle espacée de 5 à 10 ans (photos).

* Remarque : le point n° 3 est signalé pour mémoire car il ne menace pas la pente N.W.

2. Traitement des autres points :

Ecran pare-blocs (filet "dynamique") placé au sommet des éboulis depuis l'éperon, sous l'écaille n° 4, sur une cinquantaine de mètres de lon-

gueur en éléments de 15 à 20 m et décalés. La hauteur et l'implantation exacte de cet ouvrage doivent être examinées en détail à partir d'une topographie plus précise.

Ecran pare-pierres (grillage tendu entre haubans) dans le prolongement, vers le N.E, sur une centaine de mètres, c'est-à-dire jusqu'à l'éperon à l'aplomb du point n° 11.

3. Surveillance :

A la suite de ces travaux préconisés pour éliminer les risques actuels, il est impératif de détecter les évolutions éventuelles dans cette falaise. Il est probable que des dégradations apparaîtront à plus ou moins long terme, prémices de déstabilisation éventuelle de masses volumineuses. Il ne s'agit, pour les décennies à venir, que d'effectuer des observations visuelles espacées (5 à 10 ans) et de noter avec rigueur les faits nouveaux concernant les ouvrages de protection, les chutes de pierres et de blocs, la végétation, etc.

C'est à cette condition, avec cette mise sous surveillance légère, qu'il sera permis de garantir une sécurité satisfaisante sur l'ensemble du site.

6. CONCLUSIONS

Une dizaine de masses rocheuses instables ont été repérées et diagnostiquées d'un point de vue du risque qu'elles présentent pour les pentes en contrebas.

La pente boisée, traversée par un large sentier, apparaît très exposée aux chutes de pierres et blocs.

Le pied de la pente semble actuellement moyennement exposé au nord de la digue en terre érigée en 1989.

Le traitement des menaces actuelles peut être envisagé soit point par point, soit de façon "globale" ; cette dernière offrant de meilleures

garanties à long terme pour le pied de la pente, mais n'assure pas la sécurité des secteurs boisés, avec notamment le chemin d'accès au fort.

Il est proposé ici une solution mixte où les points n° 1 et 2 sont traités individuellement (destruction, confortement) et où l'ensemble du site est protégé par des filets pare-blocs et un grillage pare-pierres placés au sommet de la pente d'éboulis.

La réalisation de ces ouvrages devra s'appuyer sur un avant-projet définissant leur implantation, leurs dimensions et leurs coûts.

A la suite de ces travaux, le site pourra être considéré en sécurité de façon satisfaisante et durable, à condition d'effectuer des visites espacées de 5 à 10 ans, ceci afin de détecter toute modification nouvelle et toute dégradation éventuelle des ouvrages.

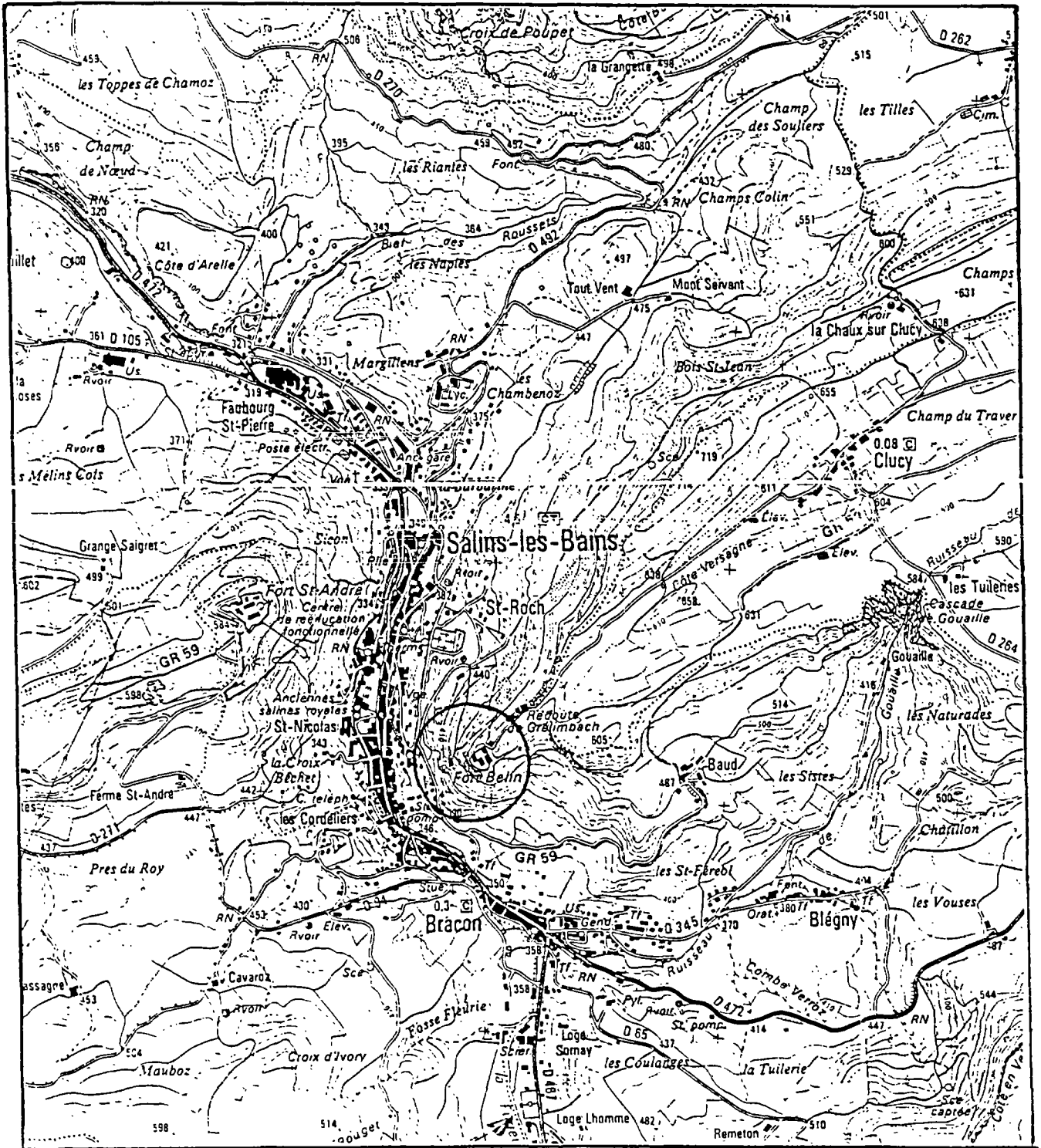
* *

*

FIGURES

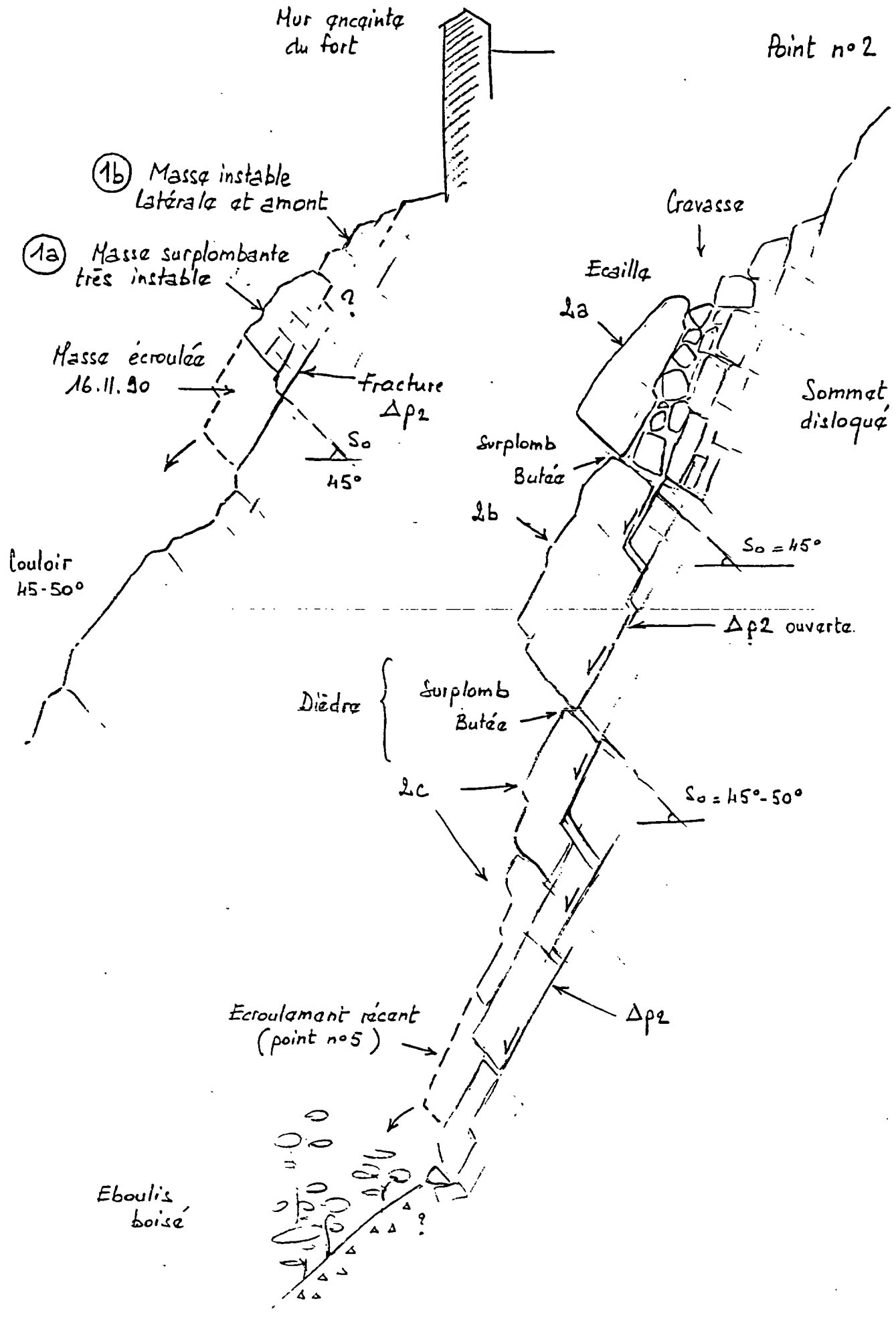
CARTE DE SITUATION

1:25000



Point n°1

Point n°2

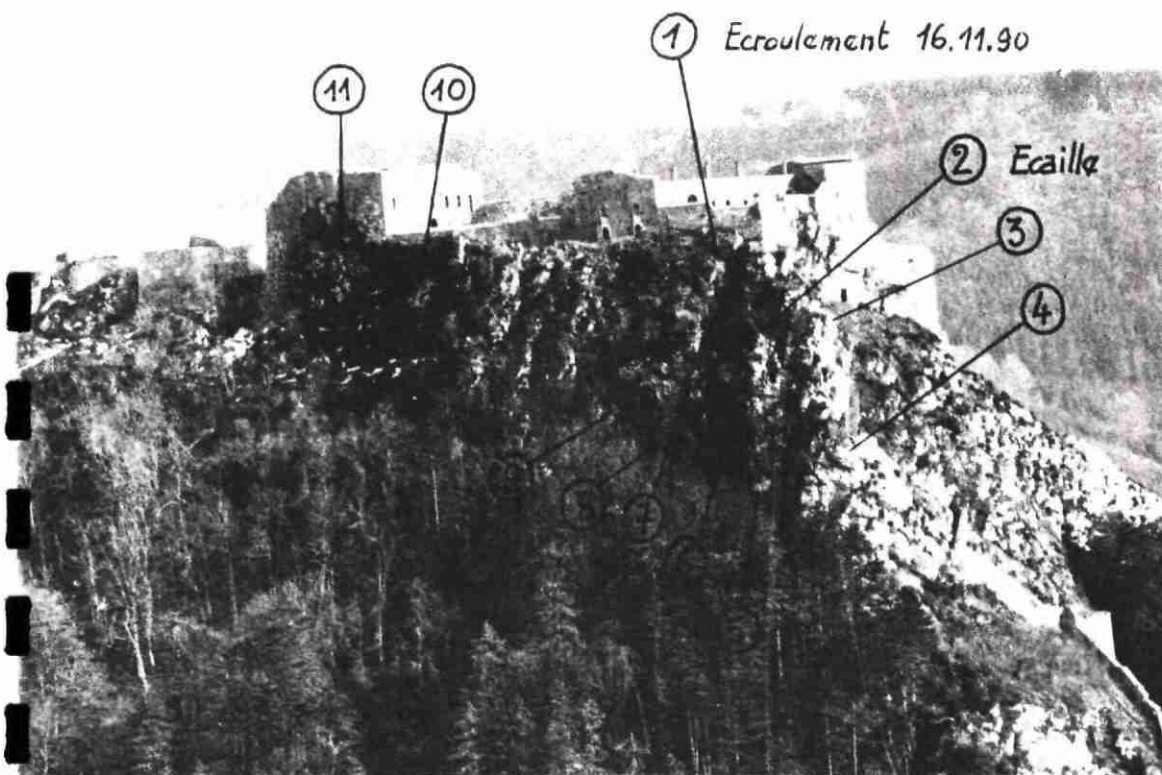


A N N E X E

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

Liché n°1

Falaise face Nord-Ouest



Liché n°2

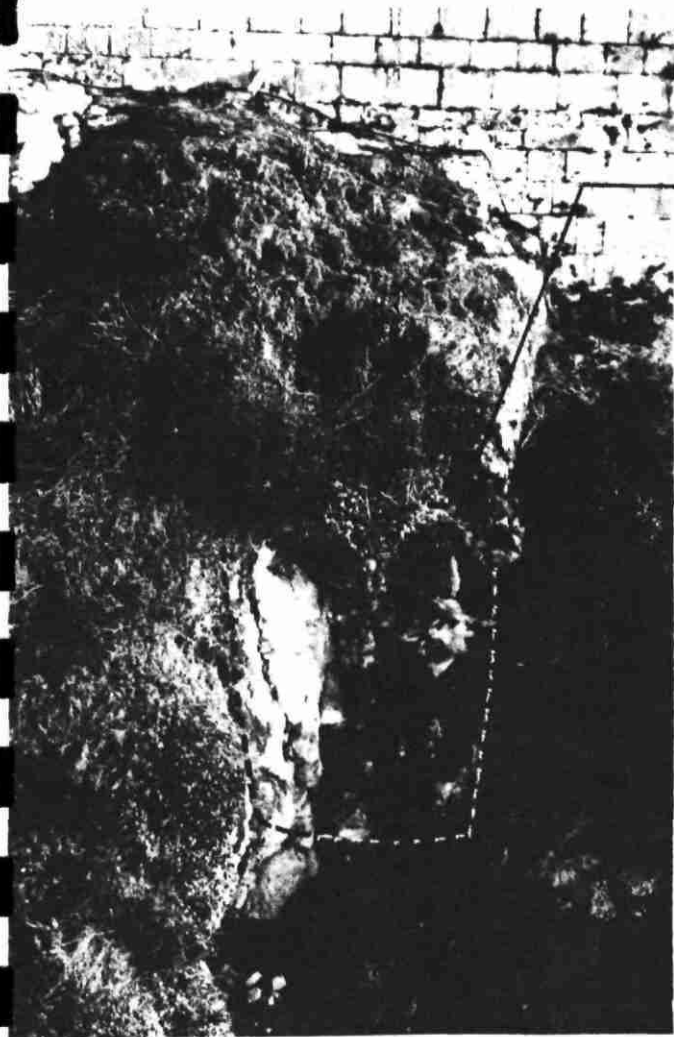
Eperon fortifié



Digua da protection

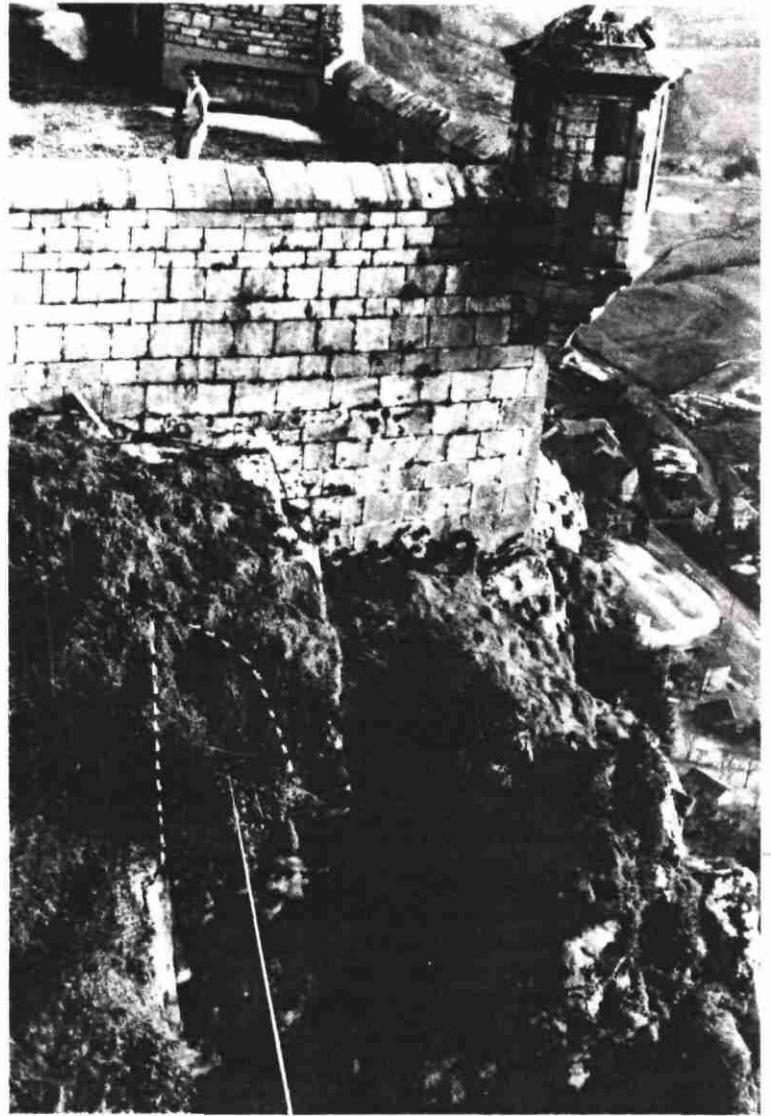
Cliché n°3 Vue de face

Point n°1

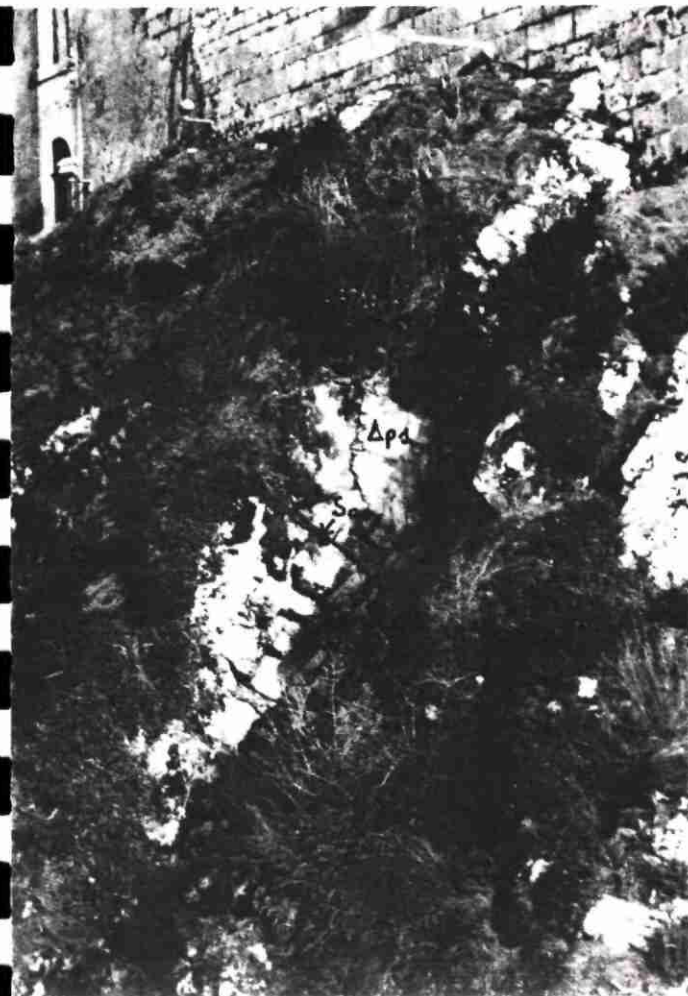


Masse écroulée nov. 90

Cliché n°4 Vue aérienne



Masse très instable



Cliché n°5 Vue latérale

Point n°1

Cliché n°6

Echauguette
angle Ouest

Cravasse

Massa très
instable

Fissuras
ouvertes

Massif
zecomprimé

Cavité



FORT BELIN

Point n°2

Cliché n°7
Vue latérale masse supérieure 2a

← Crevasse ouest

Ecaille 2a Cliché n°8



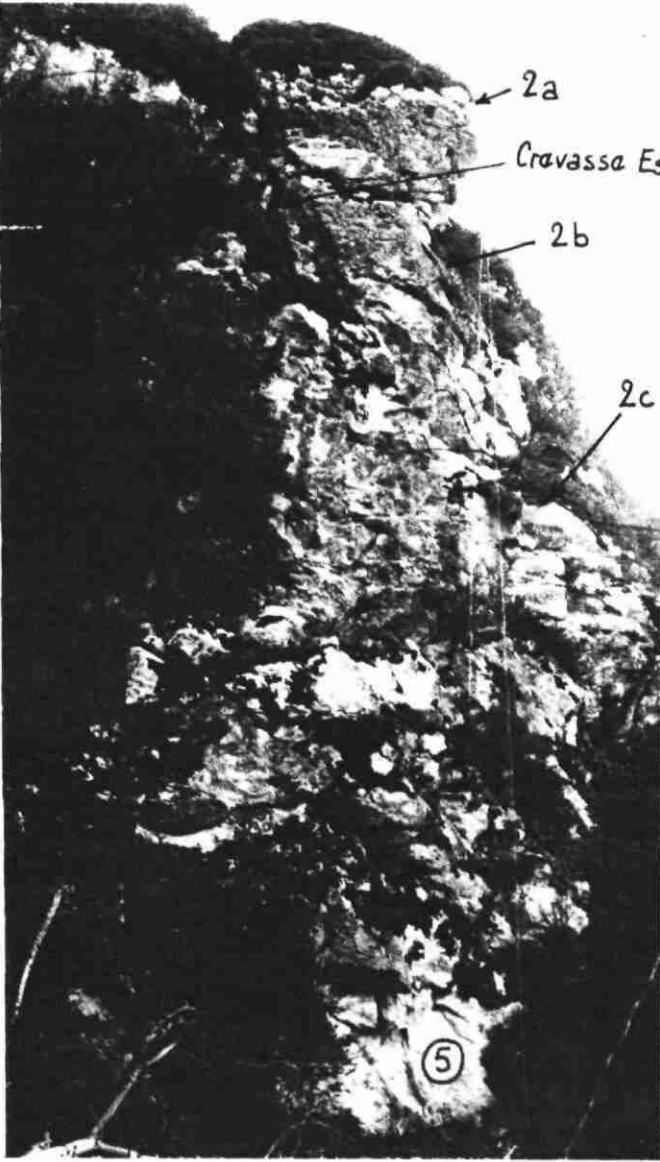
↑
Masse médiane 2b

Zone disloquée

← Crevasse



Cliché n° 9 Vue du bas



Cliché n° 10



Cliché n° 11
Ecaillage 2a vue
de dessus, côté
amont

↑
↓
Duvature



Cliché n°12 - Point n°8

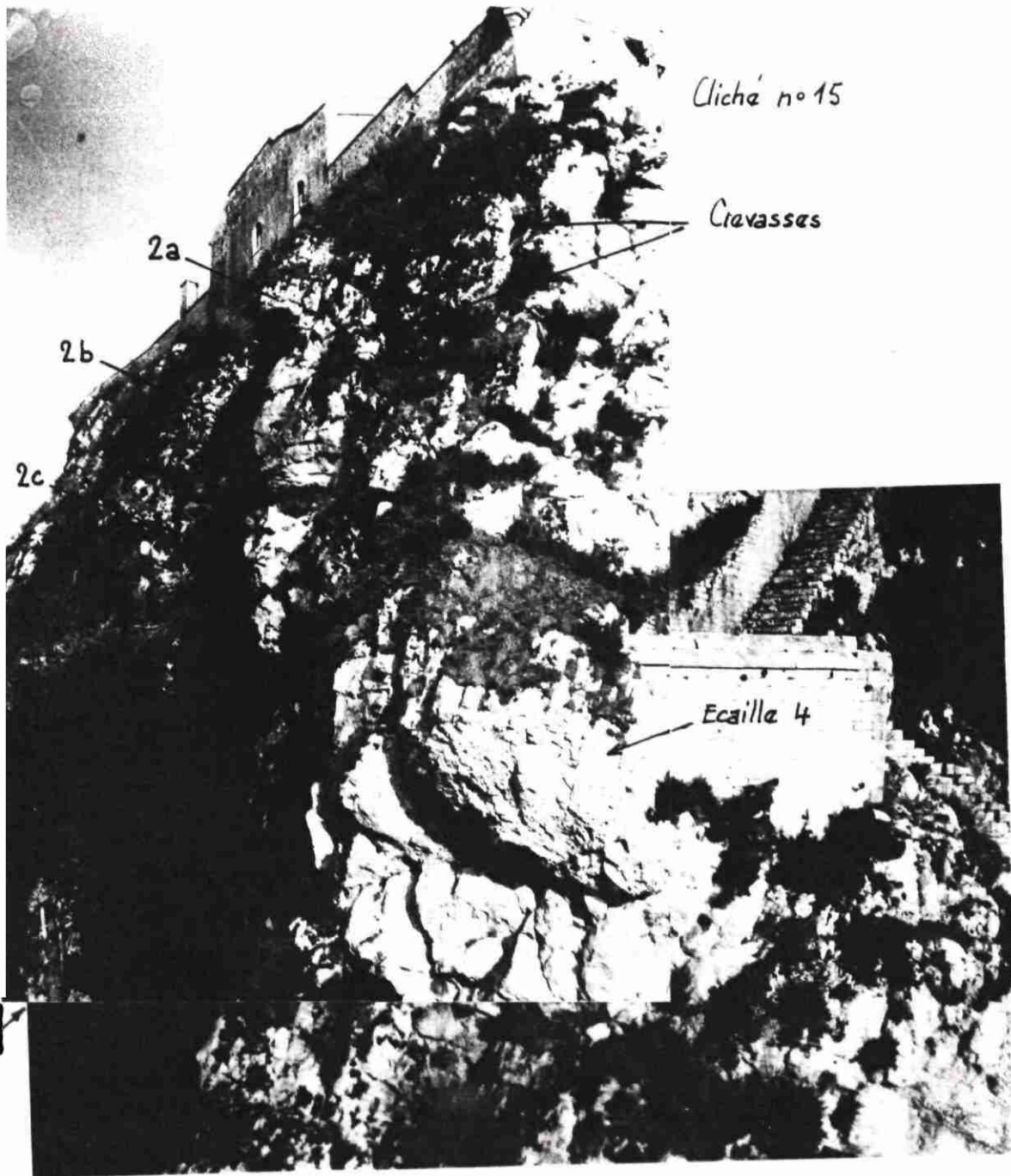
Cavités karstiques au pied du couloir
balayé par l'éroulement de nov. 90

Cliché n°13



Cliché n°14 - Point n°8

Cavités karstiques surmontées par
un massif décomprimé surplombant

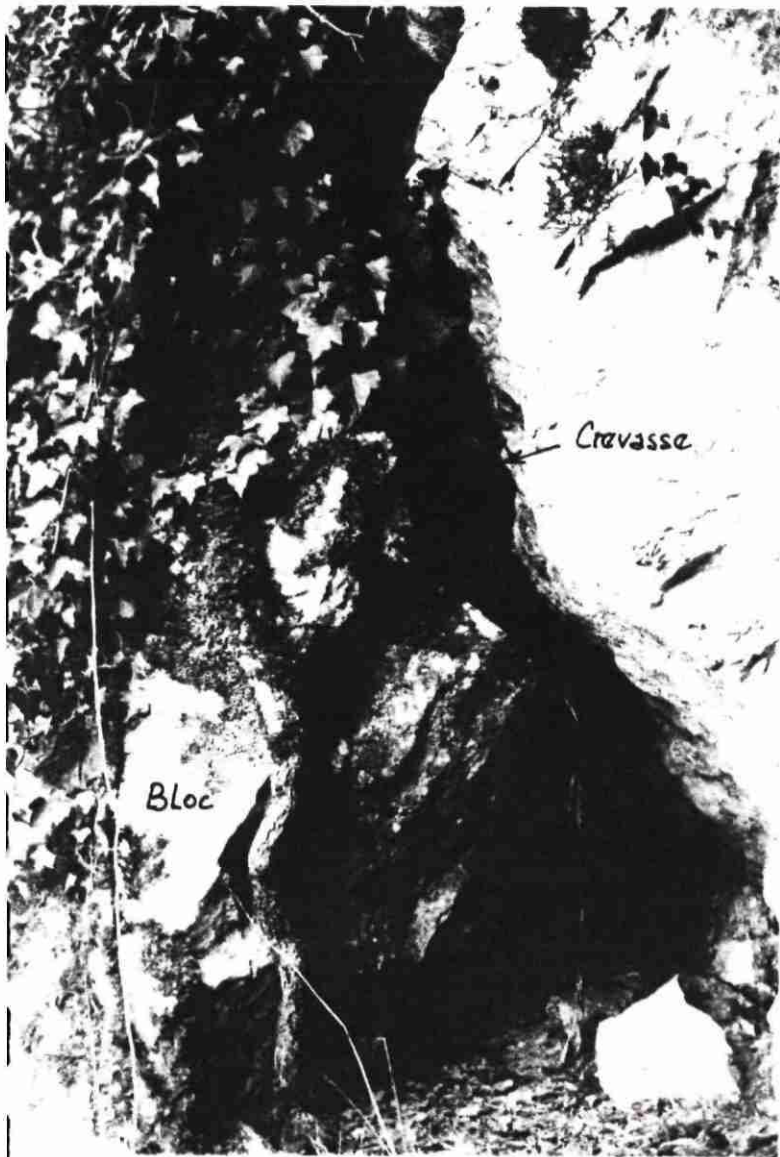


Cliché n° 16

Bloc n° 3
Vu de dessus



Cliché n°17 Point 9

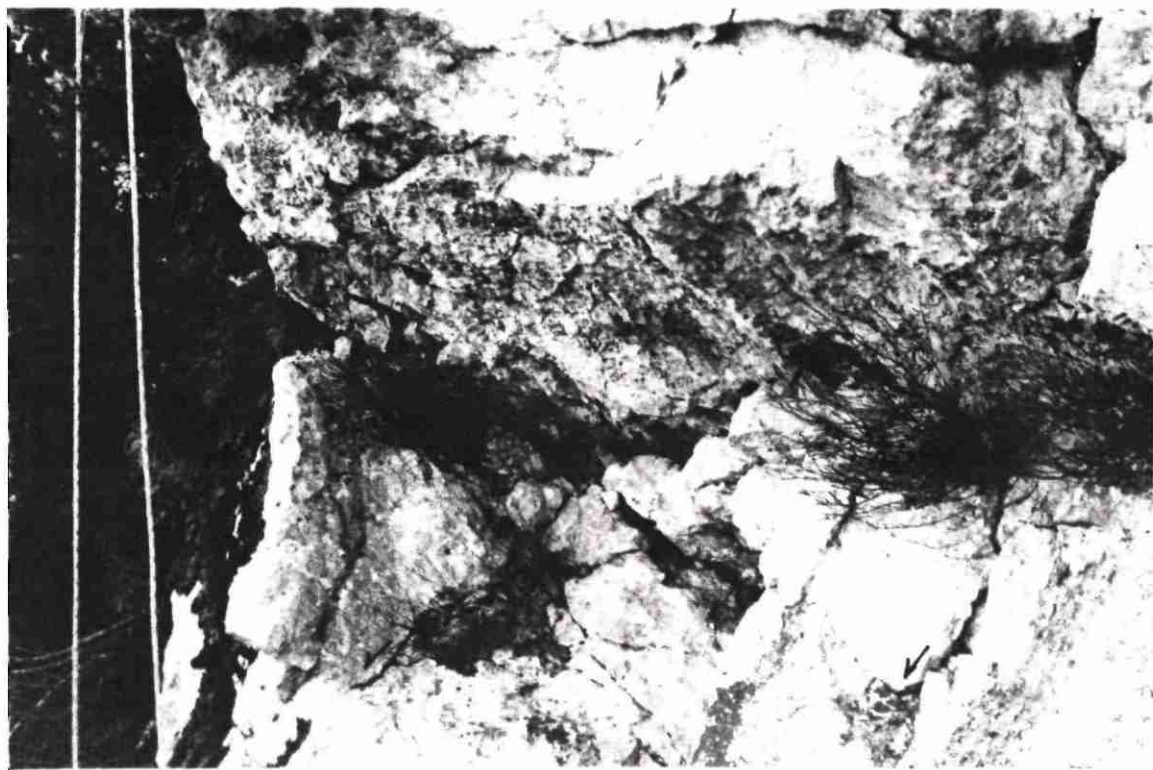


FORT BELIN

Cliché n°18

Base à aille 4

Masses décomprimées



Cliché n°19

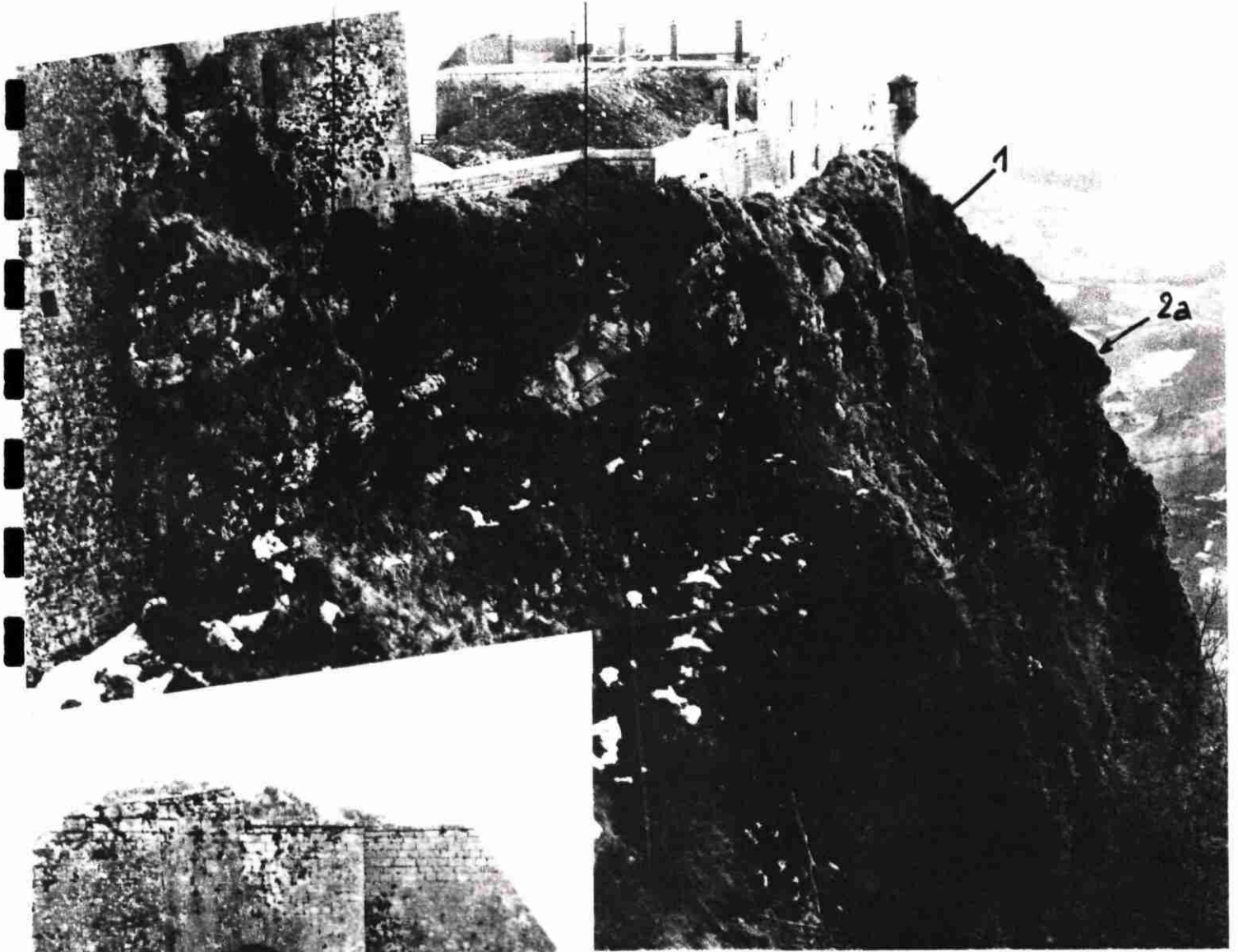
Base masse 2b,
disloquée

Cliché n° 20

Point 11

Purge point 10 en 1990

FORT BELIN



Cliché no 21

Point 11 purgé en 1990

AMM BRGM 02.91

Cliché n° 22 Vue de face : Fissures décompressées

FORT BELIN

Point n° 11



Cliché n° 23

Détail, vu de l'Est

→ Masse décompressée