



BRGM

A. PETER

P L A N D U V A R



L'EBOULEMENT DE ROCHERS DU 30 MARS 1963

RECHERCHES DES CAUSES GEOLOGIQUES DE L'ACCIDENT

ET DE MOYENS DE PROTECTION DU VILLAGE

CONFIDENTIEL

PARIS, le 28 avril 1963

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES
74, rue de la Fédération
PARIS XV°
=====

Département "GEOLOGIE"
Service de Géologie Appliquée
aux TRAVAUX PUBLICS
=====

P L A N D U V A R

L'EBOULEMENT DE ROCHERS DU 30 MARS 1963.
RECHERCHES DES CAUSES GEOLOGIQUES DE L'ACCIDENT ET
DE MOYENS DE PROTECTION DU VILLAGE.

par

A. PETER

PARIS, le 28 avril 1963

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
AVANT - PROPOS	1
I - HISTORIQUE DES EVENEMENTS	2
II - GEOLOGIE	3
III - RECHERCHES SUR LES CAUSES DE 1'ACCIDENT	7
IV - RECHERCHES DE MOYENS DE PROTECTION .	10
V - PROBLEMES RELATIFS A L'ENSEMBLE DE LA FALAISE	12
CONCLUSIONS	13

E N A N N E X E

7 - Planches photos

1 extrait au 1/5.000

A V A N T - P R O P O S

A la demande du service des Ponts et Chaussées des Alpes-Maritimes, un examen géologique de la falaise dominant le village du Plan du Var a été effectué le 4 avril 1963 en vue de rechercher les causes de l'éboulement de rochers qui est intervenu le 30 mars 1963.

Le présent compte-rendu apporte les précisions sur la structure géologique de la falaise, précisions qui sont importantes pour l'explication de l'accident. D'autre part, il comporte des propositions d'ordre technique, pour la recherche d'une solution mettant le village à l'abri de futurs éboulements.

Parmi les solutions proposées, la mise en place de massif de gabions sur le goulot d'éboulement paraît être la plus facilement réalisable, mais l'ancrage des blocs menaçant est à faire dans un délai assez court.

Nous remercions Monsieur ANDRIEU, ingénieur T.P.E., qui nous a guidé au cours de cette mission.

I - HISTORIQUE DES EVENEMENTS

L'éboulement rocheux du Plan du Var s'est produit le 30 mars 1963 à 6 h 40 du matin après une nuit d'orage et de pluie intense.

Des blocs se sont détachés de la falaise qui domine le village d'une hauteur d'environ 300 mètres.

La chute des blocs sur les maisons et notamment sur l'école communale a coûté la vie à trois personnes : l'institutrice, son mari et un de leurs enfants. Les dégâts matériels sont importants, plusieurs maisons ont été complètement détruites et d'autres gravement endommagées. Les dégâts ont été, en fait, provoqués par deux éléments distincts :

1° - la chute de trois blocs respectivement de 10, 40 et 70 tonnes environ, parmi lesquels le bloc moyen a été le plus meurtrier. Les trois blocs ont emprunté des chemins légèrement différents (voir photo en annexe).

2° - au cours de leur descente, des blocs ont ouvert deux brèches, dont l'une très importante, dans le canal de la Vésubie qui alimente en eau la ville de Nice. Le canal se vidant de son eau, des centaines de mètres cubes d'eau dévalant la pente ont emporté sur leur passage les éboulis meubles pour les déposer sur les lieux sinistrés. Plusieurs journées ont été nécessaires pour le déblaiement.

II - G E O L O G I E

1 - Stratigraphie.

La coupe géologique des terrains, depuis le bas du village jusqu'au sommet du Mont d'Arpasse, peut être établie comme suit :

- Les calcaires liasiques blanchâtres, cachés sous le lit du Var et en partie sous le village du Plan du Var sont visibles sur la rive droite du Var immédiatement sous le village de Bonson sous forme de couches redressées.

- Les marno-calcaires du Jurassique moyen (Bathonien et Bajocien) se trouvent au-dessus du Plan du Var où on peut les observer en divers affleurements sous la couverture d'éboulis. Les roches visibles aux abords immédiats du canal de la Vesubie pourraient appartenir à cette formation.

- Les calcaires grumeleux avec délits schisteux du Callovien et de l'Argovien font la transition entre le Jurassique moyen et supérieur. Les affleurements sous la falaise sont peu accessibles.

- Les calcaires du Jurassique supérieur, d'une très grande épaisseur participent au faciès provençal. Ils sont constitués de bancs épais de 0,50 m à 3 m séparés les uns des autres par des délits marneux. Nettement plus durs que les autres formations ils ont mieux résisté à l'érosion et forment une falaise abrupte partout où ils existent.

- Les calcaires marneux du Néocomien ou Crétacé inférieur font suite au Jurassique de façon continue sans qu'il soit possible de tracer une limite bien précise. Ils sont représentés

par des bancs de calcaire marneux séparés par des délites schisteux d'une importance plus grande que dans le Jurassique supérieur. Ils forment le sommet du Mont d'Arpasse.

En dehors de la falaise du Jurassique supérieur et du terrain Néocomien, l'observation précise des autres termes stratigraphiques est peu aisée et ne peut se faire que sur des affleurements isolés, par suite de la présence sur les pentes du Mont d'Arpasse :

- d'éboulis anciens. Le village du Plan est installé sur la base d'un cône d'éboulis.

- d'alluvions diluviales rouges qui se trouvent sur les pentes inférieures, en particulier.

2 - Tectonique.

L'ensemble des terrains qui nous intéressent appartiennent à la série du Mont d'Arpasse qui prolonge directement la série chevauchante du Vial.

Les couches stratigraphiques qui sont redressées jusqu'à la verticale sous le village de Bonson deviennent progressivement subhorizontales quand on atteint le sommet du Mont d'Arpasse. Aussi les bancs du Jurassique supérieur, d'où se sont détachés les blocs de rochers, ne présentent-ils plus qu'un pendage moyen de l'ordre de 25 grades vers la montagne, c'est-à-dire plus exactement dans la direction de l'Est.

Si les grands accidents tectoniques (failles avec rejet etc...) existent sans doute dans le secteur du Plan du Var intéressé par cette étude, les diaclases ou petites cassures répétées qui affectent la masse calcaire du Jurassique prennent ici une importance particulière. L'origine du grand nombre de ces cassures observées est à rechercher dans

le fait que la masse calcaire de 200-300 m d'épaisseur extrêmement résistante ne s'est pas déformée d'une façon plastique, sous l'effet des efforts orogéniques, mais d'une façon cassante, à la faveur d'une fracturation intense.

Les diaclases n'ont pas des orientations quelconques : il existe deux directions sensiblement perpendiculaires l'une par rapport à l'autre parmi lesquelles la direction principale est orientée vers l'E 40 grades S.

Ce réseau de diaclases subverticales associé aux joints de stratification débite la roche en parallélépipèdes de taille variable.

3° - Pétrographie et altération de la roche.

Du point de vue pétrographique les observations suivantes peuvent être faites sur le calcaire du Jurassique supérieur. Ces calcaires gris clair à grain fin sont extrêmement compacts. La cassure est franche.

Au microscope, on observe une pâte fine avec des microorganismes nombreux, et parcourue par des filonnets très étroits de calcite cristalline.

L'altération de la roche conduit à une patine blanchâtre crayeuse. L'action de l'eau qui dissout le calcaire est à l'origine de la formation de "lapiaz" ou surfaces guillochées typiques.

Les joints de stratification entre les bancs calcaires sont plus marneux et de nature plus perméable. Leur altération est donc largement facilitée et conduit à un produit plus ou moins argileux dans lequel s'accrochent les racines d'arbustes.

En résumé les données naturelles qui méritent d'être mises en lumière sont :

- l'existence de délits marneux séparant les bancs calcaires et facilement altérables.

- l'existence d'un réseau de diaclases avec une direction privilégiée E 40 grades S.

- un pendage des couches de l'ordre de 25 grades vers l'Est.

III - RECHERCHES DES CAUSES DE L'ACCIDENT

Les causes sont à rechercher d'une part dans la structure géologique de la zone ce que nous appellerons facteurs passifs et, d'autre part, dans l'action des intempéries qui sont les facteurs actifs.

1° - Facteurs passifs.

Ils découlent des conditions géologiques structurales telles qu'elles ont déjà été précisées plus haut :

La zone d'arrachement proprement dite se situe au sommet d'un goulot d'éboulement qui entaille la falaise. La paroi sud de ce goulot présente une pente assez marquée, la paroi Nord au contraire, d'où sont partis les blocs, est très abrupte, pratiquement verticale.

a) La paroi N du goulot est limitée par une ou plusieurs diaclases subverticales (d'orientation E 40 grades S). Mais ces diaclases principales se répétant, il existe autant de pans de falaise isolés les uns des autres. Ces derniers sont eux-mêmes divisés en parallélépipèdes plus ou moins réguliers par un réseau de diaclases sensiblement perpendiculaire au premier, d'une part, et par les joints de stratification, d'autre part.

b) Le pendage de 25 grades environ vers l'E devient sur la paroi N défavorable dans ce sens que les blocs isolés ont tendance à glisser les uns sur les autres vers le vide au niveau des joints de stratification.

2° - Facteurs actifs

a) L'eau et le gel

- l'action de l'eau et du gel est avant tout sensible sur les joints marneux. Leur altération en un produit décalcifié,

argileux, créé un manque de liaison évident entre les bancs superposés et facilite le décollement des uns par rapport aux autres.

- Les diaclases sont le plus souvent agrandies par l'action de dissolution des eaux météoriques. Mais le gel a également une action dilatatrice non négligeable sur des diaclases de faible ouverture.

b) Les racines

Les racines d'arbustes contribuent, d'une part, à la désagrégation des joints de stratification, exercent d'autre part, dans certains cas, une pression d'écartement sur les faces des diaclases.

c) La température

Les variations de température créent dans le rocher des phénomènes de dilatation et de retrait. Des variations brutales de température provoque l'éclatement de la roche d'où peut résulter la formation de "coins".

d) Les ébranlements du tonnerre

Les déplacements d'énergie avec échos sont à signaler car ils ont peut être une action de dislocation sur des blocs peu stables.

e) Les ébranlements dus aux passages du mur du son par des avions survolant la région.

Connaissant les caractéristiques structurales de la zone de détachement des rochers et en notant que l'accident s'est produit à la suite d'un violent orage, l'explication suivante peut être envisagée :

- Les blocs de rocher sont sans liaison avec la roche solide par suite de la présence des diaclases béantes, peut être plus ou moins remplies d'une maigre terre végétale argileuse.
- La désagrégation des joints marneux est à un stade avancé et les eaux de pluie rendent ces joints pâteux et glissants.

Ces conditions sont favorables à un glissement des blocs les uns sur les autres (suivi peut être d'un basculement).

IV - RECHERCHE DE MOYENS DE PROTECTION

Le danger de renouvellement d'un glissement ou d'un éboulement identique existe d'une façon certaine, mais il est, bien entendu, impossible de prévoir à quel moment et dans quelles conditions le décollement risque de se produire. Il convient donc, de toute façon, de prendre des mesures de confortement appropriées. Parmi les différentes solutions à envisager on peut citer :

1°) L'abattage des blocs dangereux :

Deux difficultés se présentent :

- il n'est pas possible de prévoir le chemin qu'emprunteront les blocs dans leur descente.

- l'utilisation d'explosif pour réduire le volume des blocs n'est pas à priori recommandable car elle risque de produire dans le reste de la falaise des désordres artificiels non souhaitables.

2°) Création d'un ouvrage sur le goulot.

Sur l'emplacement du goulot même on peut envisager la construction d'un ou de plusieurs massifs en gabions disposés en gradins. L'utilisation sur place des blocs d'éboulis créerait autant de dépressions devant les massifs en gabions. Ces dépressions devraient être garnies d'un matériau meuble destiné à amortir la chute des blocs.

En ce qui concerne l'emplacement exact de ces massifs qui devrait normalement se situer au-dessus du canal de la Vésubie, il conviendra de faire un examen détaillé du goulot pour rechercher les endroits les plus

favorables à une telle construction. Toutefois nous pouvons noter dès à présent que l'épaisseur des éboulis dans cette partie haute du goulot ne paraît pas être très importante et il sera peut être nécessaire d'entailler le substratum rocheux qui doit correspondre au Jurassique moyen donc à des calcaires marneux relativement durs.

3°) L'ancrage des blocs de stabilité douteuse.

Cette solution, est sans aucun doute, avec le gabionnage, la plus immédiatement réalisable.

S'il est possible sans difficulté majeure d'ancrer les blocs dangereux sur la paroi rocheuse "stable", celle-ci doit toutefois être l'objet d'un examen préliminaire très minutieux. En effet l'existence déjà signalée d'une succession de diaclases principales, plus ou moins parallèles à la paroi N du goulot, impose de prendre des précautions supplémentaires. Le risque existe, en effet, d'ancrer un bloc sur un ensemble rocheux lui-même peu stable.

Un relevé systématique des diaclases observables en surface paraît s'imposer de façon à pouvoir prévoir la longueur du cable d'ancrage qu'il faudra mettre en place. D'autre part, cette opération d'ancrage nous semble être assez urgente.

4°) Construction de deux murs se rejoignant en pointe.

Un dispositif de cette espèce enfermant le site à protéger dans l'angle des deux murs et déviant les blocs de part et d'autre vers des zones non habitées a été adopté aux Etats-Unis, à moindre échelle il est vrai, pour la protection d'usines hydroélectriques.

Pour l'application d'une telle disposition au Plan du Var, une étude très détaillée s'imposerait. Mais de toute façon étant donné l'étalement en longueur du village et l'envergure des travaux nécessaires, cette solution semble difficile à mettre en oeuvre.

V - PROBLEMES RELATIFS A L'ENSEMBLE DE LA FALAISE.

Il est indéniable que la zone d'où se sont décollés les blocs présente un ensemble de caractéristiques particulièrement défavorables. Pour le reste de la falaise, d'autres secteurs dangereux nous ont été signalé mais faute de temps nous n'avons pas pu les inventorier systématiquement. D'ailleurs il est fort peu probable que l'on puisse arriver, dans tous les cas, à l'aide de la seule observation visuelle, à faire la distinction entre les rochers parfaitement stables et d'autres qui menacent de s'écrouler. Seules des observations précises de déplacements pourront mettre en évidence des secteurs particulièrement dangereux.

Il faut signaler d'autre part que l'observation sur le terrain et sur photos aériennes montre que la carte au 1/20.000 est imprécise et incomplète. Il est illusoire avec la base topographique existante de vouloir dresser une carte précise des zones dangereuses, carte qui puisse être utilisée par une tierce personne.

En conséquence, l'établissement d'une restitution photogrammétique au 1/2000 à partir de photos aériennes existantes de la zone E du Plan du Var sur environ 0,15 - 0,20 km², s'avère indispensable dans le cas où le repérage et la localisation des blocs instables seraient souhaités.

VI - C O N C L U S I O N S

L'étude géologique montre que par endroit et en particulier sur la face N du goulot d'éboulement les conditions géologiques naturelles sont favorables à un décollement des blocs de la paroi rocheuse.

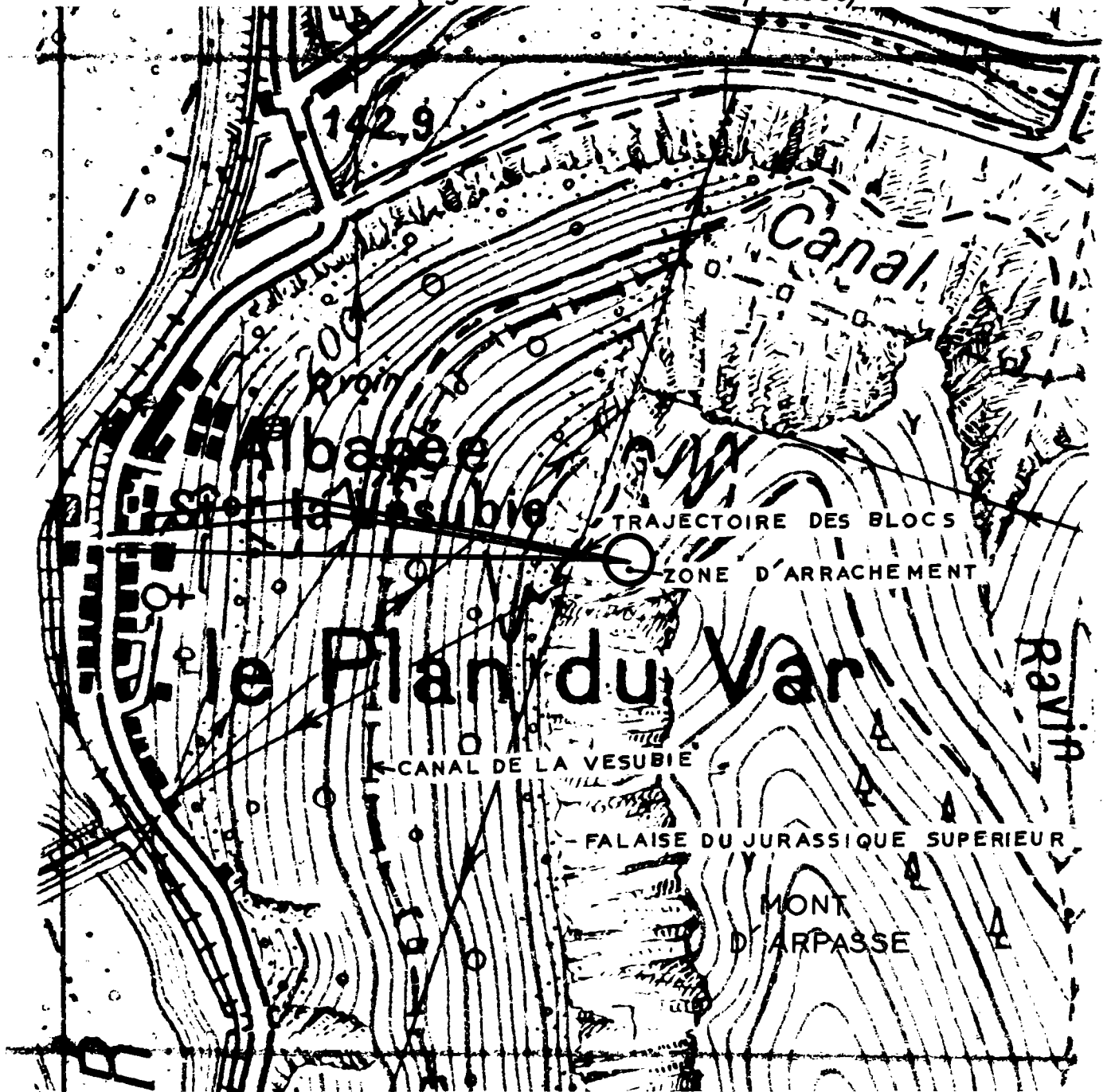
Les solutions qu'on peut envisager et qui sont matériellement les plus simples à mettre en oeuvre, sont :

1°) Dans l'immédiat, création sur le goulot d'éboulement d'un ou de plusieurs ouvrages destinés à arrêter les blocs dans leur descente. L'emplacement et les possibilités d'une protection de ce genre nécessite une reconnaissance plus complète du goulot.

2°) La protection précédente sera complétée par des ancrages de blocs notamment ceux, particulièrement menaçants, de la paroi N du goulot (partie supérieure) Avant la mise en place des ancrages il sera utile de faire un relevé systématique des diaclases principales et secondaires, de façon à pouvoir indiquer la longueur de cables minimum à utiliser.

Il sera prudent d'envisager cet ancrage sans trop tarder.

CARTE AU 1/5000
(agrandissement du 1/20.000)



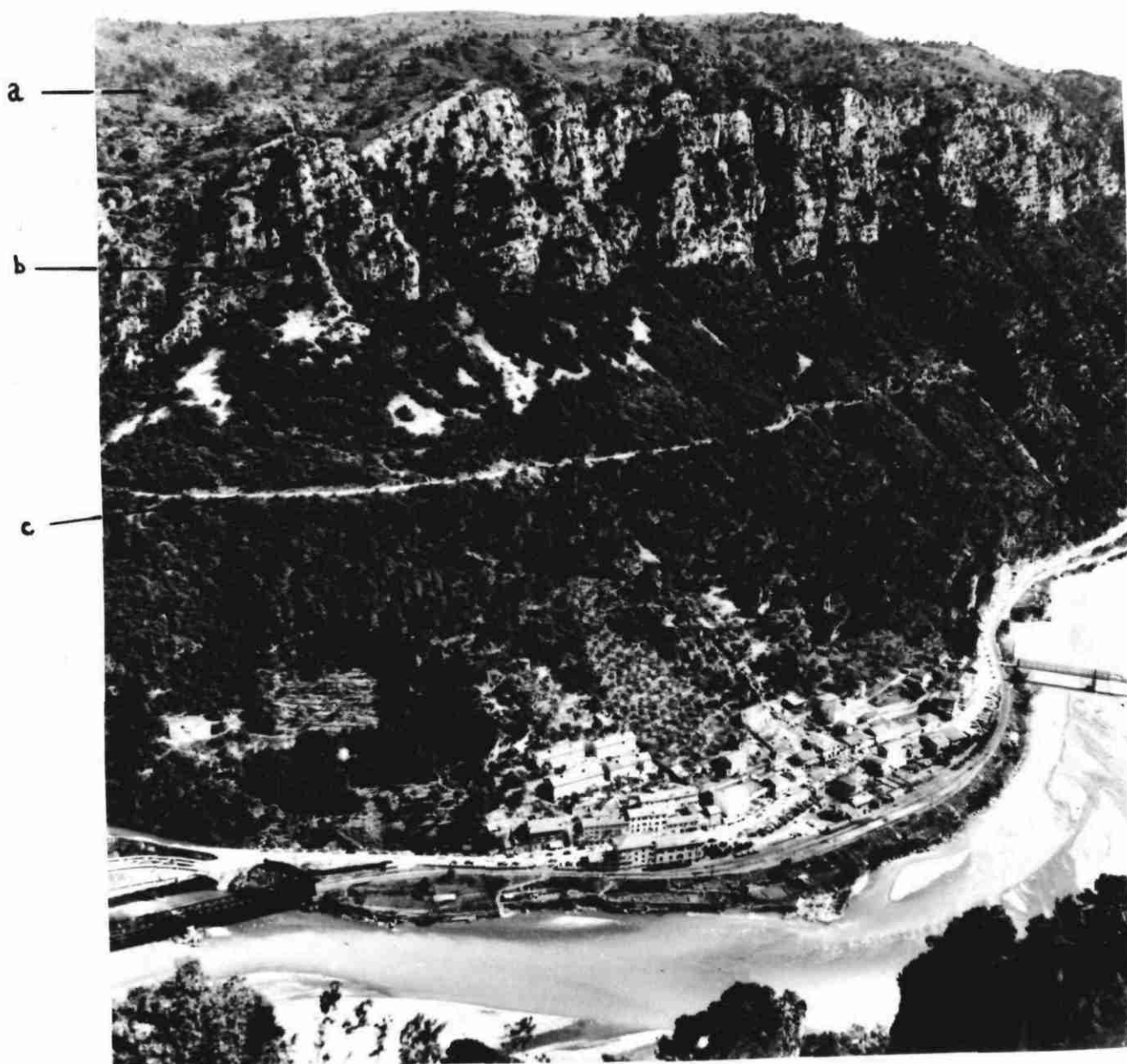


PHOTO n° 1 - Vue générale sur le Plan du Var.

Remarquer la forme de l'ancien cône d'éboulis sur lequel est bâti le village.

- (a) - terrains du Crétacé inférieur
- (b) - falaise blanche du Jurassique supérieur
- (c) - canal de la Vesubie

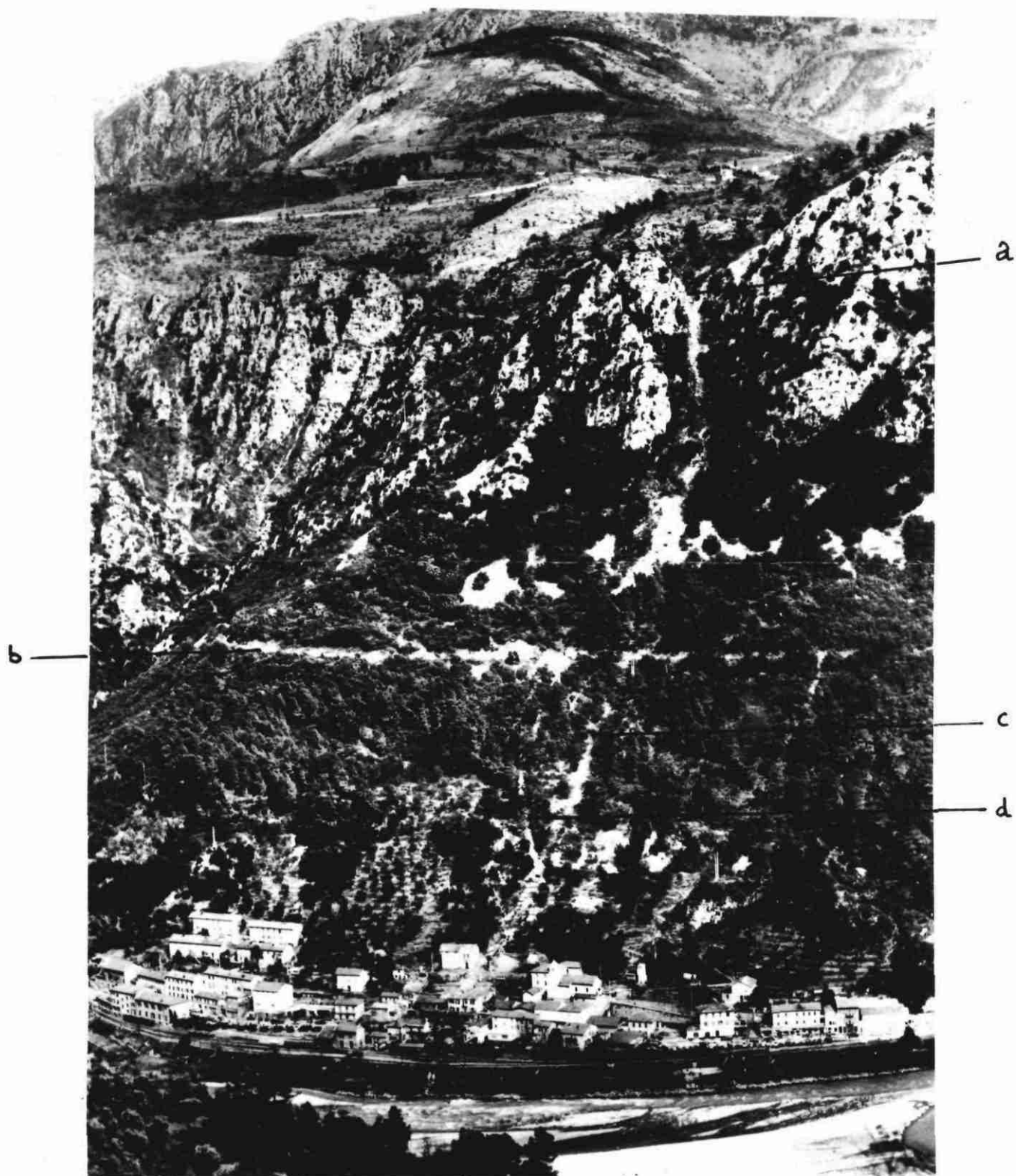


PHOTO n° 2 - Vue générale du Plan du Var.

- =====
- (a) - zone d'arrachement des blocs - (b) - canal de la Vésubie
 (c) - chemin suivi par les blocs principaux - (d) - chemin emprunté
 par les eaux du canal après formation de la brèche.

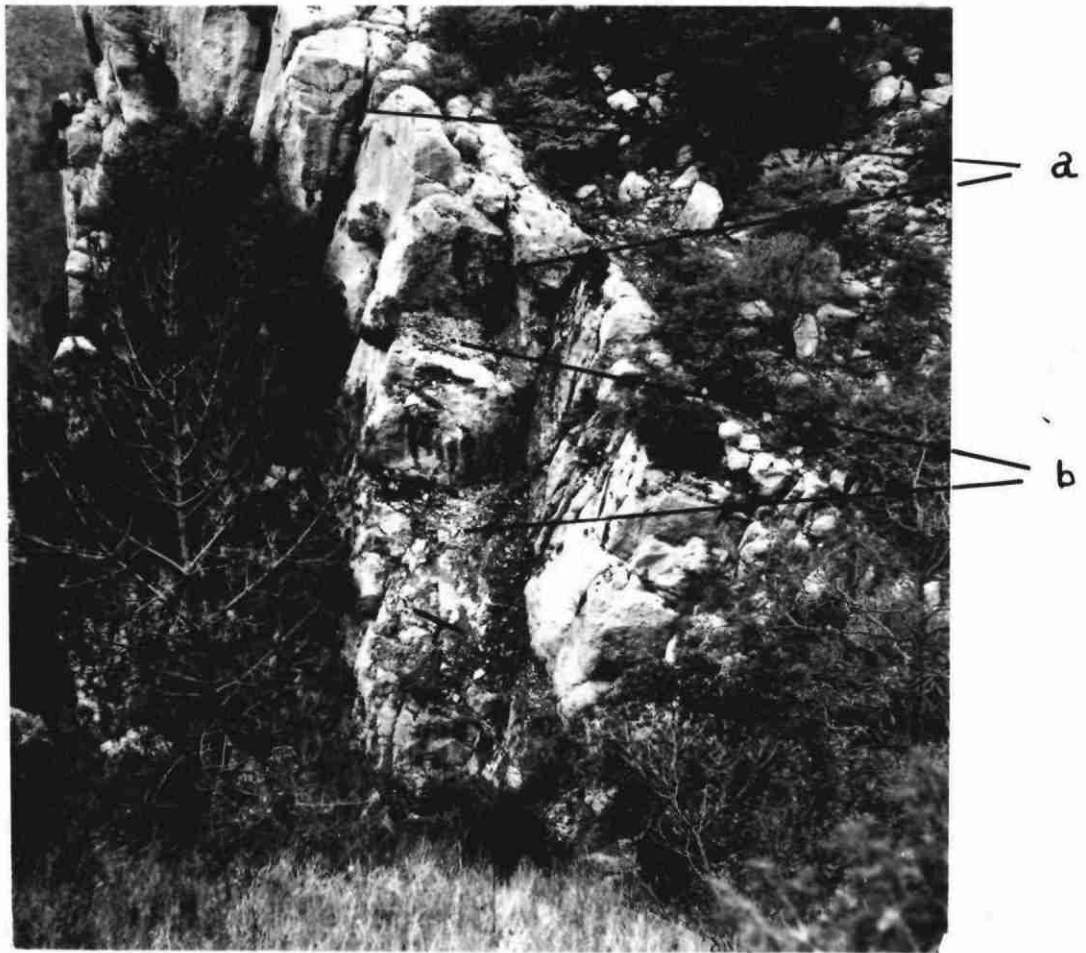


PHOTO n° 3 - Zone de départ des blocs. On aperçoit en (a)
===== les diaclases subverticales dirigées vers
l'observateur et en (b) les joints de strati-
fication sur lesquels ont glissé les blocs, et
qui sont actuellement garnis de résidus d'alté-
ration du joint.

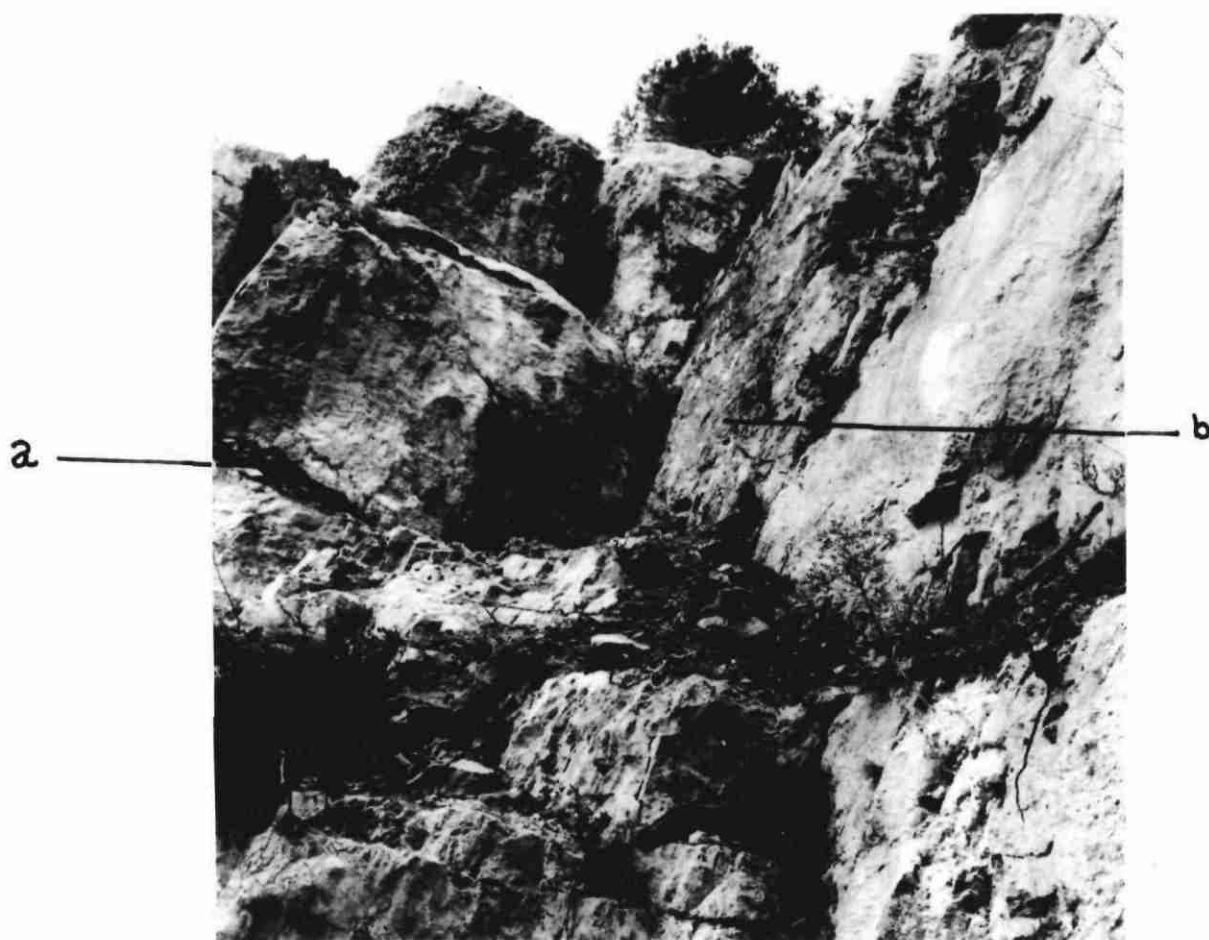


PHOTO n° 4 - Cette photo permet de voir la zone d'arrachement
=====
des blocs. Le pendage des couches, faussé par la
prise de vue est en fait dirigé vers la gauche de
l'observateur. En (a) point de stratification
très altéré. La surface (b) correspond à un plan
de diaclase.

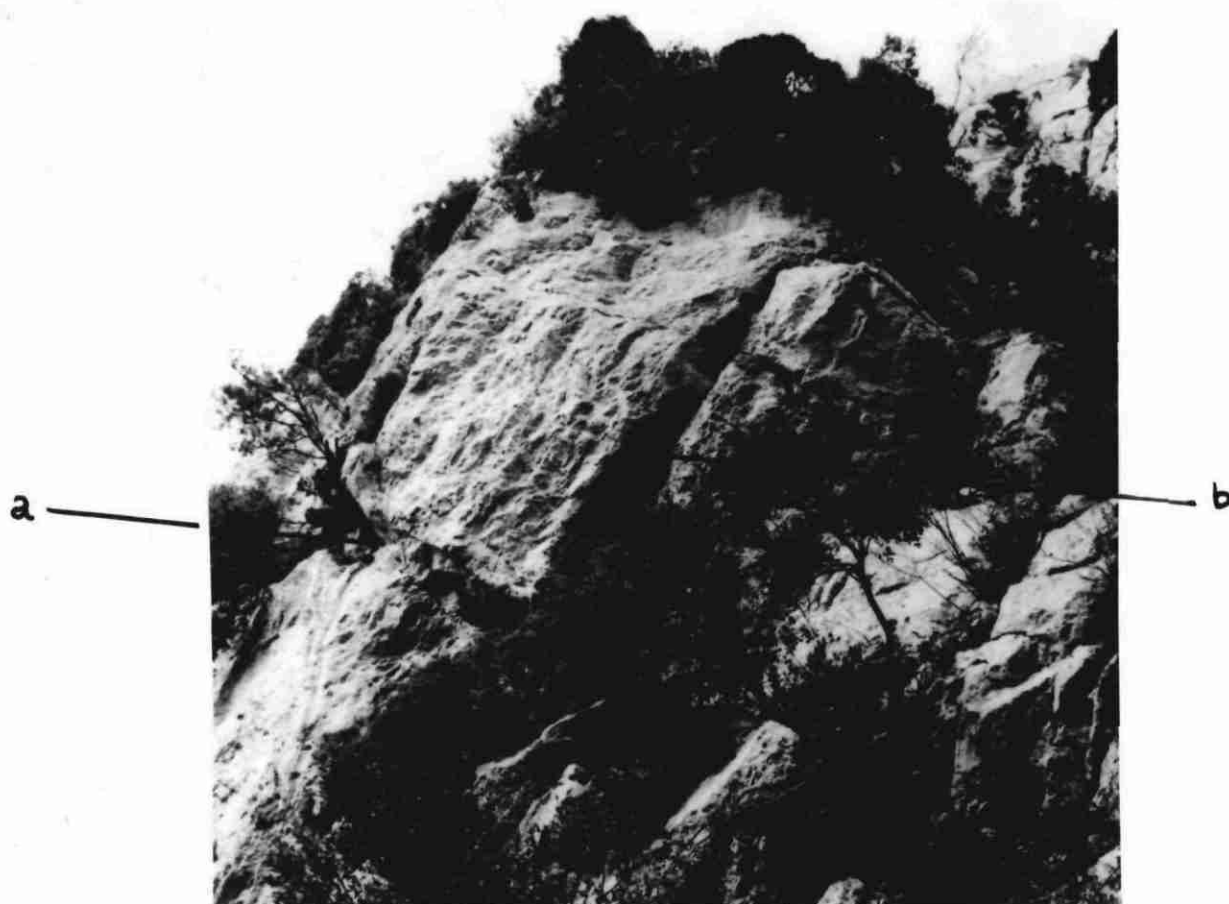


PHOTO n°5 - Cette photo prise aux abords immédiats de la
===== zone d'arrachement montre l'altération des
joints de stratification (a) et des diaclases
subverticales plus ou moins béantes (b).



PHOTO n° 6 -

=====

On aperçoit la partie
inférieure de la trajectoire
des blocs principaux qui
ont enlevé l'aile droite
de l'école communale.

PHOTO n° 7 -

=====

En cours de déblaiement



Endroits sinistrés

BUREAU DE RECHERCHES
GEOLOGIQUES & MINIERES
74, rue de la Fédération

PARIS IV°

=====

Département "GEOLOGIE"

Service Géologie Appliquée

aux TRAVAUX PUBLICS

=====

ADDITIF AU RAPPORT DS.63.A 35 du 28 Avril 1963

P L A N d u V A R

L'éboulement de rochers du 30 mars 1963
Recherches des causes géologiques de l'accident
et de moyens de protection du village

A. PETER

Paris, le 14 Novembre 1963

L'étude qui a été effectuée le 12 novembre 1963 sur la falaise dominant le Plan du Var en vue de compléter nos observations sur les causes d'éboulement de blocs de calcaire et de choisir le système de protection le plus approprié contre le renouvellement d'une catastrophe comme celle du 30 mars 1963, permet d'arriver aux conclusions suivantes :

On peut distinguer :

1°) le décollement et le glissement sur les joints de stratification qui peut intéresser de très grandes masses de calcaire ainsi que cela a été le cas au moment de la catastrophe.

2°) le détachement de blocs de la falaise à la suite de leur désolidarisation du banc par des phénomènes d'érosion divers (action des variations de température et gel en particulier - dissolution du calcaire etc..) qui sont arrivés à les rendre instables. Ces blocs sont généralement de petite taille.

Ce dernier phénomène correspond à la régression normale, habituelle de la falaise. Des blocs de rocher de faible volume existent apparemment dans une position plus ou moins instable et d'une façon très éparse le long de la falaise; ils sont souvent dans des zones inaccessibles. Le seul moyen de se protéger contre la chute de tels blocs serait de les accrocher à la falaise mais en dehors de l'extrême difficulté de son exécution, une telle entreprise ne paraît guère s'imposer; en effet, ces blocs sont de petite taille et ont de fortes chances d'éclater en morceaux et d'être arrêtés dans leur course. Leur présence ne doit donc pas nous inquiéter outre mesure.

Le premier phénomène, au contraire, est un cas inhabituel ou exceptionnel de recul de la falaise; il est susceptible de se reproduire à plus ou moins longue échéance dans la partie haute du goulet, sur la paroi N, en libérant des blocs de plusieurs mètres cubes. Mais ici il devient possible d'entreprendre des travaux de protection étant donné que le danger

provient d'un secteur bien localisé et unique.

L'ouvrage en gabions qui doit être construit sur le goulot est particulièrement bien indiqué, car il retiendra non seulement les blocs qui se détacheront par glissement des parois mêmes du goulot, en particulier de la paroi N, mais il arrêtera également des pierres qui tomberont d'une partie non négligeable de la falaise verticale qui se trouve au Sud du goulot.

En ce qui concerne l'emplacement de l'ouvrage on peut observer que, au N du goulot principal, existe un couloir secondaire qui rejoint le goulot principal à la hauteur de l'emplacement prévu pour l'ouvrage. L'examen de ce couloir secondaire montre qu'il n'est plus en activité depuis longtemps. En conséquence il ne paraît pas indispensable de faire un ouvrage qui barre à la fois le goulot principal et le couloir secondaire, ce qui l'allongerait notablement. On peut donc estimer que le projet actuellement étudié offrira une protection très efficace.

En résumé, on peut dire que la chute de blocs isolés pouvant se détacher de la falaise, ne présente pas un grand danger pour les habitants du Plan du Var : en effet, ces blocs sont en général de petite taille, et seront vraisemblablement désagréés pendant leur chute. Au contraire le détachement de un ou plusieurs blocs de grande taille par glissement sur un plan de stratification est beaucoup plus redoutable et constitue en fait le danger majeur. La présence d'un ouvrage en gabions barrant le goulot diminue donc considérablement les risques encourus par la population.