GÉOLITHE

COMMUNE DE PEILLE

SECTEUR DE L'ARME

TRAITEMENT D'UN COMPARTIMENT SUITE A EVENEMENT

ETUDE DE CONCEPTION GEOTECHNIQUE PHASE AVANT-PROJET

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DE LA MAIRIE DE PEILLE

Dossier	18-191 II 1	
Indice	Modifications	Date
o	Document initial	05/07/2018

Nombre de pages : 44

INGÉNIEURS-CONSEILS EN GÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE ET GÉOTECHNIQUE

613, avenue de Grasse
06370 MOUANS-SARTOUX - FRANCE
Tél. +33 (0)4 93 33 68 58
Fax. +33 (0)4 93 33 68 81
contact@geolithe.com
www.geolithe.com

QUALIBAT OPQIBI L'INGÉNIERIE QUALIFIÉE N° CERTIFICAT 13 08 2595

GEOLITHE - SAS au capital de 72 000 € - N° SIRET : 38780859500103 - CODE APE : 7112B - RCS NICE : 387808595 - N° DE TVA : FR37387808595

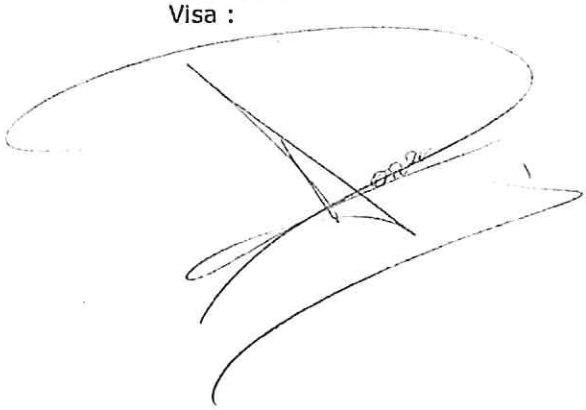
GÉOLITHE

LIEU :	SECTEUR DE L'ARME
COMMUNE :	PEILLE (06)
OBJET :	TRAITEMENT D'UN COMPARTIMENT SUITE A EVENEMENT
TYPE DE MISSION :	ETUDE DE CONCEPTION GEOTECHNIQUE PHASE AVANT PROJET
CLIENT :	MAIRIE DE PEILLE
DOSSIER SUIVI PAR :	M. PIAZZA

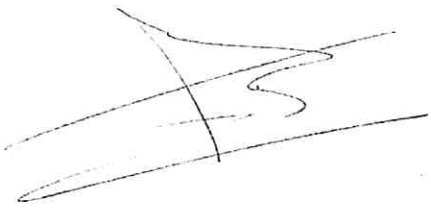
CHARGE D'AFFAIRE :	DAMIEN PORRE
CHEF DE PROJET :	DAMIEN PORRE
INTERVENANTS :	DAMIEN CARATTI MICHAEL PINTUS QUENTIN BARBIER THOMA MEIGNAN
NOMBRE DE PAGES	44

Dossier	**18-191 II 1**	
Indice	**Modifications**	**Date**
o	Document initial	05/07/2018

Rédacteur : D. PORRE
Visa :



Contrôle : L. MEIGNAN
Visa :



SOMMAIRE :

1 - PRESENTATION 4
1.1 - Introduction 4
1.2 - Localisation générale 4
1.3 - Objectifs de l'étude 5
1.4 - Contexte géologique 6
1.5 - Rappel de l'événement 7
1.5.1 - Descriptif général de l'événement 7
1.5.2 - Zone de départ 8
2 - MODELISATIONS TOPOGRAPHIQUES 11
2.1 - Levé photogrammétrique et lasergrammétrique 11
2.1.1 - Méthodologie mise en œuvre 11
2.1.2 - Modèle numérique de terrain 3D 13
2.2 - plan topographique général du versant 17
3 - INVESTIGATIONS ET DIAGNOSTIC DU GRAND COMPARTIMENT 18
3.1 - Caractéristiques géométriques et structurales 18
4 - CARACTERISATION DES ALEAS 25
4.1 - Méthodologie générale 25
4.2 - mécanisme de rupture et aléa d'écroulement associés à la compartiment 26
4.2.1 - Mécanisme de rupture 26
4.2.2 - Aléa d'écroulement 31
5 - DEFINITION DES SOLUTIONS DE TRAITEMENT 32
5.1 - Déroctage 32
5.1.1 - Principe 32
5.1.2 - Contraintes spécifiques associées au déroctage 32
5.1.3 - Contraintes particulières liées à la structure des compartiments (A, B et C) 34
5.2 - Confortement 37
5.2.1 - Principe 37
5.2.2 - Contraintes spécifiques associées au confortement 39
5.2.3 - Ebauche dimensionnelle du confortement par boulons d'ancrages 39
5.2.4 - Surveillance durable complémentaire 39
5.3 - Surveillance durable 40
5.3.1 - Mesures permanentes et continues 40
5.3.2 - Mesures permanentes et intermittentes 42
6 - EVALUATION FINANCIERE ET COMPARAISON DES SOLUTIONS 43
6.1 - Evaluation financière 43
6.1.1 - Déroctage du compartiment A et des deux compartiments B et C 43
6.1.2 - Confortement du compartiment A 43
6.1.3 - Surveillance durable des compartiments A, B et C 44
6.2 - Analyse comparative des solutions 44

1 - PRESENTATION

1.1 - INTRODUCTION

Le présent rapport d'étude a été réalisé par le Bureau d'Ingénieurs - Conseils **GEOLITHE** à la demande et pour le compte de la **Mairie de Peille**.

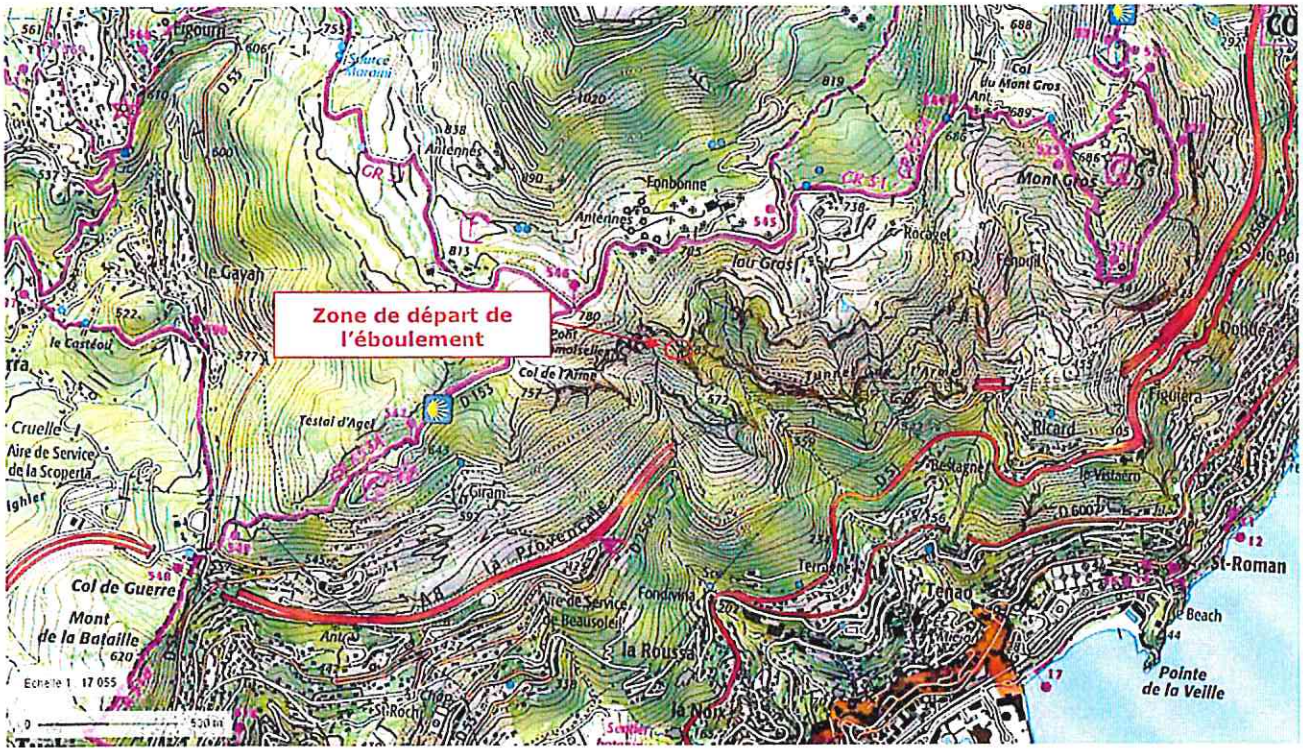
Il concerne le diagnostic d'un grand compartiment rocheux mise en évidence à la suite du déclenchement d'un événement (date indéterminée), et la définition des solutions de traitements envisageables.

Il s'agit d'une étude géotechnique de conception phase avant-projet (mission G2 phase AVP), au sens de la norme NF P 94-500 « Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications ».

Les reconnaissances de terrain ont été réalisées en mai 2018 par Messieurs PINTUS, CARATTI et PORRE.

1.2 - LOCALISATION GENERALE

Le secteur d'étude se situe en aval de la propriété Rocagel, sur le territoire de la commune de Peille (06).



Localisation de la zone de départ de l'éboulement sur fond topographique IGN
(sans échelle, source : www.geoportail.gouv.fr)

Localisation de la zone de départ et de la zone de propagation de l'éboulement sur vue aérienne avec report cadastral (sans échelle, source : www.geoportail.gouv.fr)

1.3 - OBJECTIFS DE L'ETUDE

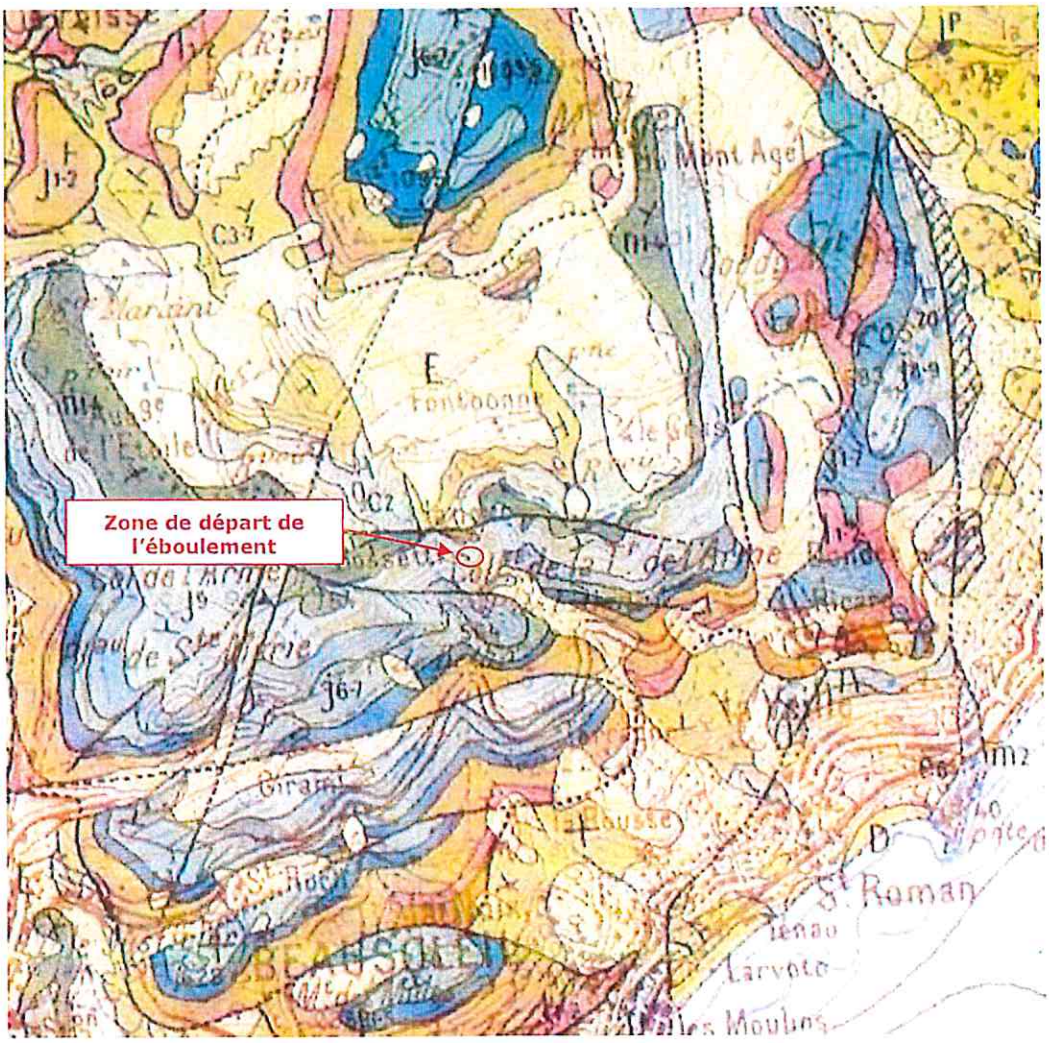
Cette étude a pour objectifs :

- de caractériser (géométrie, structure...) le grand compartiment rocheux préalablement identifié ;
- de déterminer les niveaux d'aléa et les niveaux de risque sur les enjeux ;
- de définir les principes de solutions de traitement envisageables ;
- d'établir un comparatif (avantages / inconvénients) de chaque solution ;
- d'établir l'enveloppe financière de chaque solution.

1.4 - CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les terrains constitutifs de la zone de départ de l'éboulement sont des calcaires blancs massifs du Portlandien (Tithonique – Jurassique terminal) à pendage orienté vers le Nord-Nord-Ouest.

Le caractère massif du calcaire, conjugué au développement de diaclases verticales progressivement élargies sous l'effet des agents atmosphériques, tend à individualiser de grandes écailles et colonnes rocheuses, notamment en crête où se situe la zone de départ de l'éboulement.



Extrait de la carte géologique de la France au 1/50 000 – Feuille Menton-Nice
(Sans échelle, source : www.infoterre.brgm.fr)

A noter la présence (discontinue) d'un miroir de faille à stries horizontales, au niveau de la cicatrice de l'éboulement. La zone est donc bien caractérisée par la présence de failles subverticales décrochantes orientées Est-Ouest.

1.5 - RAPPEL DE L'EVENEMENT

Cf. Rapport de diagnostic GEOLITHE n°18-191_I_1_o_DIAG_Rapport du 30.03.2018.

1.5.1 - Descriptif général de l'événement

Date : indéterminée (plusieurs semaines à plusieurs mois).

Classe de phénomène : éboulement en grande masse.

Description du volume éboulé et des dégâts :

L'éboulement est lié à la rupture d'une grande écaille rocheuse dont le volume au départ, estimé à partir de photos d'archives du site, est de l'ordre de 150 m³.

L'étroitesse de la cicatrice et les photos d'archives indiquent que cette écaille présentait une morphologie très élancée (hauteur ≈ 10 m environ ; largeur max. ≈ 3-4 m). Elle s'est donc probablement éboulée en roulant, dans un premier temps, sur la tranche, et s'est très rapidement fragmentée en nombreux blocs de un à quelques mètres-cubes.

Lors de l'éboulement, les nombreux blocs issus de la fragmentation du compartiment initial ont impacté des affleurements rocheux ou des blocs et parfois remobilisé des grandes masses anciennement éboulées dans le versant.

Une zone d'accumulation sommitale est mise en évidence. Elle présente de nombreux blocs inframétriques arrêtés dans la pente directement en pied de la paroi rocheuse sommitale. Il s'agit de la zone de 1ère fragmentation du compartiment. Certains blocs principaux présentent un volume de plusieurs mètres-cubes.

Dans la partie médiane de la trajectoire, on note peu de blocs arrêtés dans la pente. On remarquera en particulier trois éléments préexistants impactés par le passage du compartiment éboulé :

- Un bloc de 3 m³ environ présentant un niveau d'instabilité élevé ;
- Une grande masse de plus de 100 m³, anciennement éboulée et arrêtée dans la pente, dont l'impact n'a pas altéré sa stabilité actuelle ;
- Une autre grande masse anciennement éboulée, située en aval de la confluence des deux thalwegs, d'un volume de l'ordre de 150 m³, dont l'impact semble avoir provoqué un déplacement par glissement. Celle-ci est arrêtée en position stable.

De nombreux blocs de volume métrique ont poursuivi leur trajectoire dans le vallon rocheux et se sont arrêtés à la faveur des nombreux replats le caractérisant. Les blocs les plus distants se situent à environ 150 m du premier et principal enjeu concerné, à savoir l'autoroute A8.

Ces blocs sont issus, à la fois du compartiment éboulé récemment, mais également d'éléments détachés des compartiments préexistantes impactées par l'éboulement.

A noter que les traces de l'éboulement sur la végétation indiquent clairement que cet événement n'est pas récent mais date vraisemblablement de plusieurs semaines, voire de plusieurs mois.

1.5.2 - Zone de départ

La zone de départ a pu être atteinte depuis l'aval en remontant le versant, et des comparaisons de clichés ont pu être réalisées entre les vues prises depuis la propriété Rocagel, et d'anciens clichés pris lors des travaux de sécurisation du site de l'Arme Ouest de l'A8.

Vue de la zone de départ
Photo du 27.03.2018

Vue de la zone de départ avant éboulement
Photo de juillet 2006

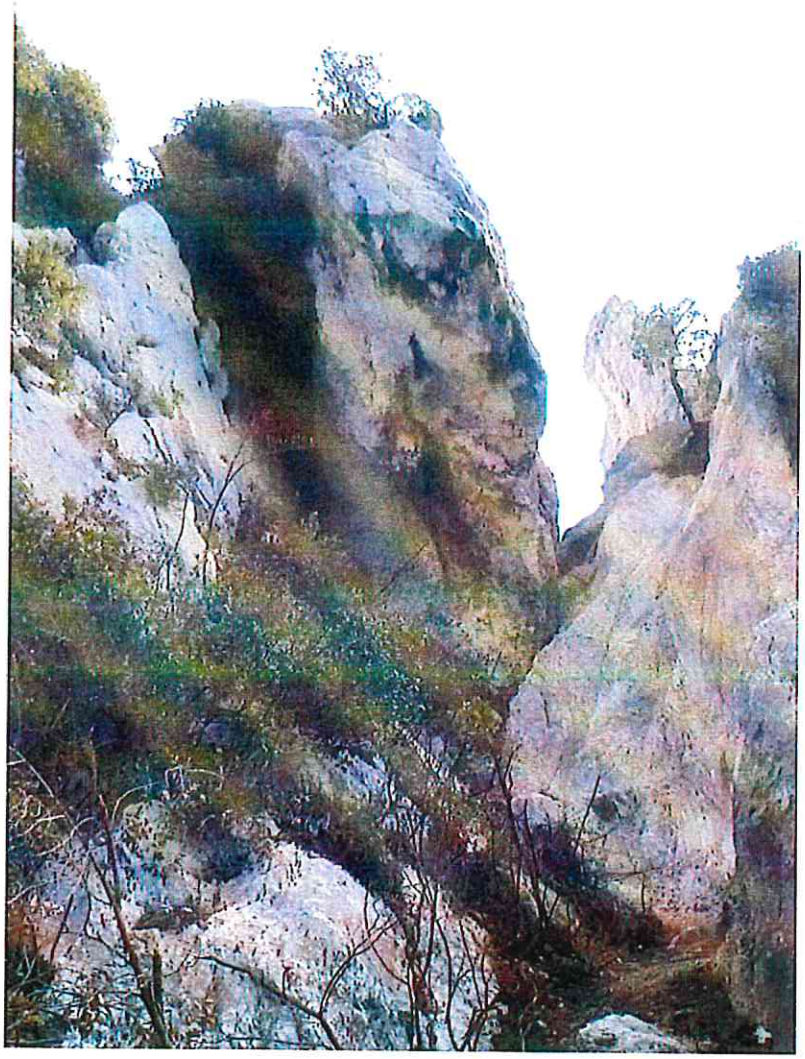
L'éboulement du compartiment laisse un autre grand compartiment, plus volumineux, en position surplombante.

La visite, depuis le pied de paroi mais également depuis la crête de falaise, de cette zone montre que :

- Le grand compartiment demeurant en surplomb (nommé par la suite « compartiment A ») au-dessus de la cicatrice ne présente aucun signe de mouvement récent consécutif à l'événement ;

- Le compartiment éboulé n'était pas solidaire du compartiment sus-jacent (d'après l'analyse de la patine du pied du compartiment). Ceci est confirmé par l'analyse des photos d'archives, qui montrent une large diaclase entre les deux compartiments rocheux.

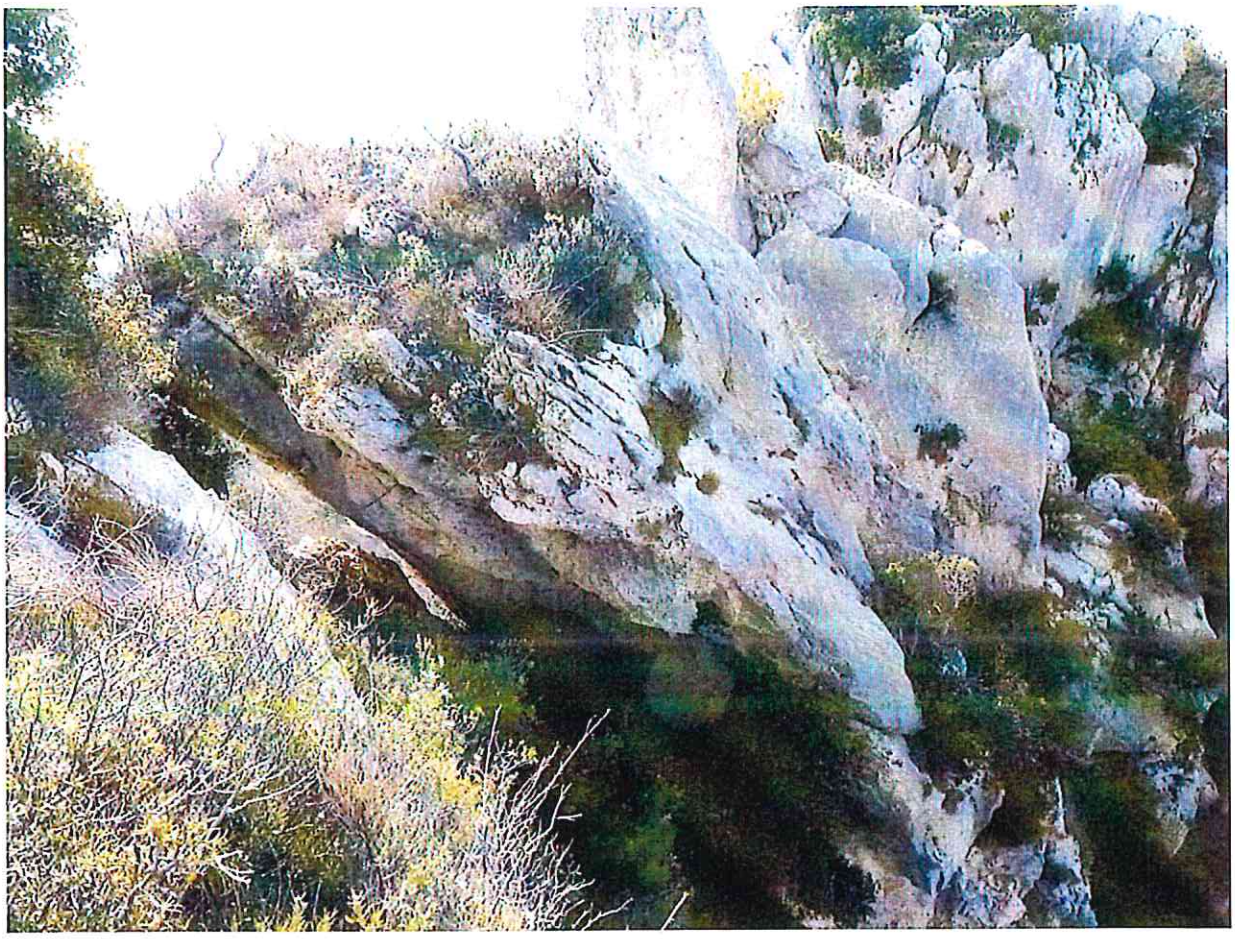
⇨ **le niveau de stabilité (= aléa d'écroulement) du compartiment A en surplomb apparaît inchangé suite à l'éboulement.**



Le compartiment A demeurant en place constitue une ancienne colonne rocheuse basculée.

Sa stabilité est assurée par :

- ⇨ Une zone d'appui en pied, présentant une surface réduite, de petits suintements et une fracturation importante ;
- ⇨ Une zone d'appui et de frottement arrière sur le massif calcaire stable, présentant également une surface très réduite en comparaison des dimensions du compartiment. En effet, la majeure partie de la face dite « arrière » du compartiment n'est pas en appui contre le massif.
- ⇨ **le niveau d'aléa d'écroulement du grand compartiment A est initialement estimé (en l'état actuel de connaissances) <u>élevé à très élevé</u>.** Cet aléa est directement lié à la vitesse d'évolution potentielle du pied du compartiment, faisant office de butée. Cette vitesse d'évolution est actuellement incertaine.



Vue arrière du compartiment A en surplomb, côté Ouest

2 - MODELISATIONS TOPOGRAPHIQUES

2.1 - LEVE PHOTOGRAMMETRIQUE ET LASERGRAMMETRIQUE

2.1.1 - Méthodologie mise en œuvre

Un MNT 3D (modèle numérique de terrain en 3 dimensions) a été réalisé, par modélisation photogrammétrique et lasergrammétrique du grand compartiment et de son environnement proche. Ce MNT a été réalisé à l'aide :

- D'un drone équipé d'un appareil photo HD : réalisation d'un ensemble de clichées à 360° autour du compartiment ;
- D'un scanner laser Riegl VZ400 couplé avec un appareil photographique HD (résolution 36 MPixels) : levé du compartiment à partir de trois stations (deux en tête et une en pied permettant le levé précis du surplomb).

A partir de sphères positionnées à proximité des stations de mesures, un calage des différents nuages de points est réalisé, pour obtenir une précision (espacement entre points) millimétrique.

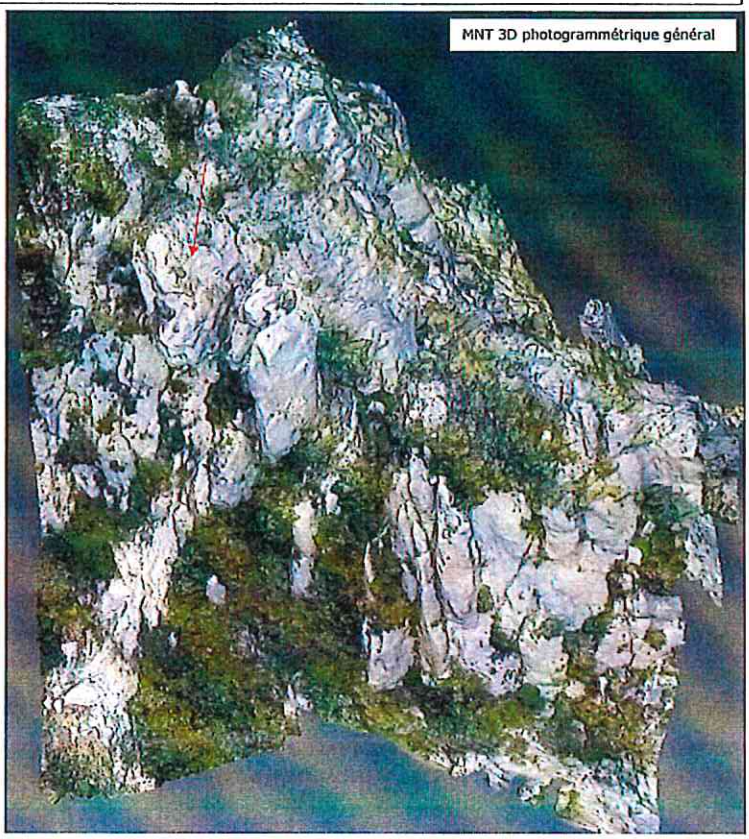
Le nuage de points obtenu a ensuite subi une phase de traitement, selon les objectifs recherchés (ex : élimination de la végétation...).

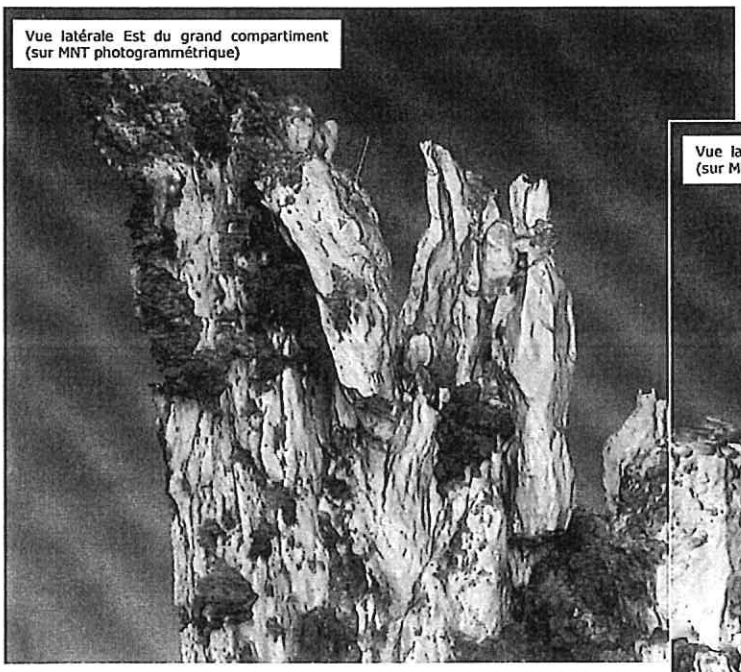
Déploiement du drone et du scanner laser à partir d'une des stations de mesure

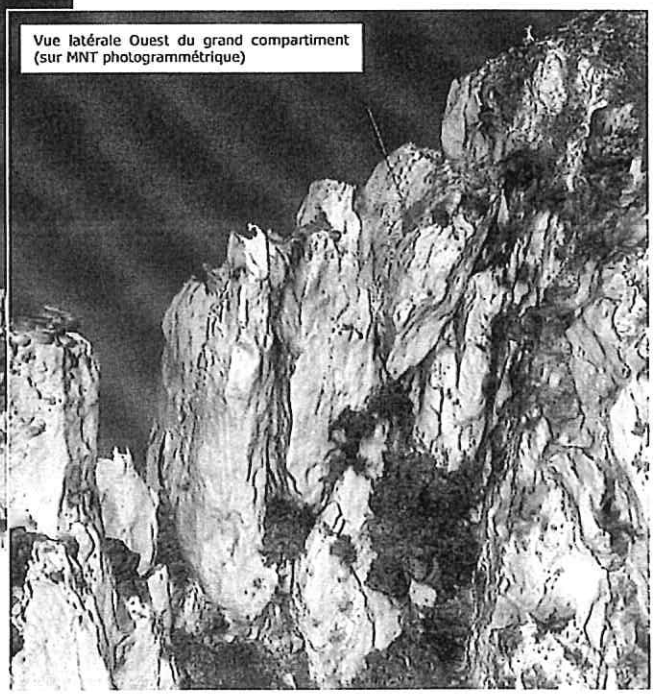
Vue générale du dispositif de levé par lasergrammétrie terrestre

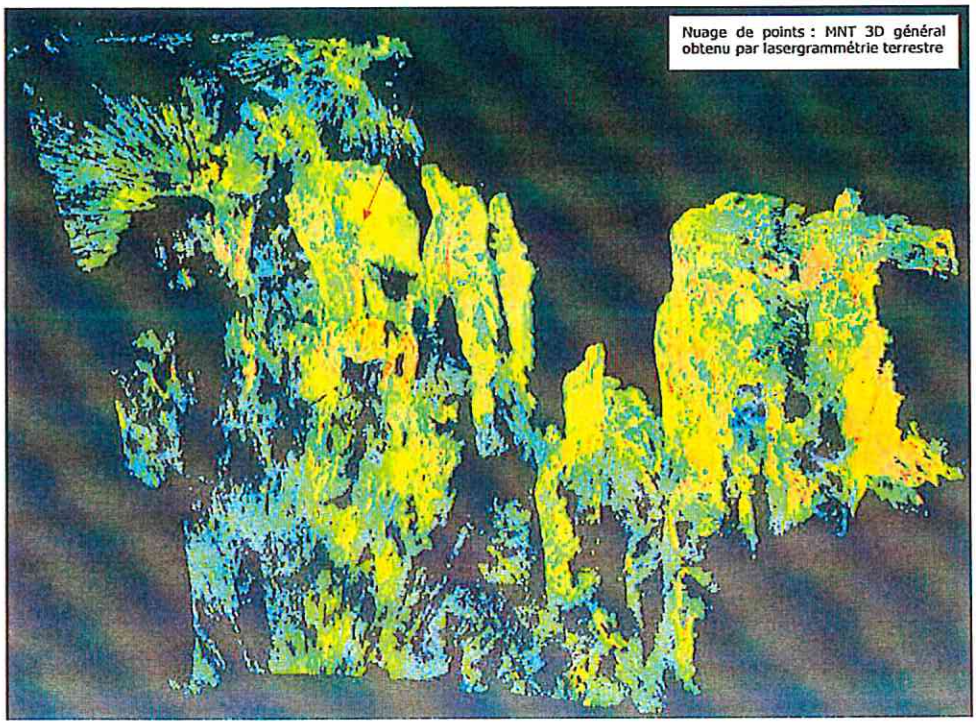
Vue de détail d'une des sphères de calage

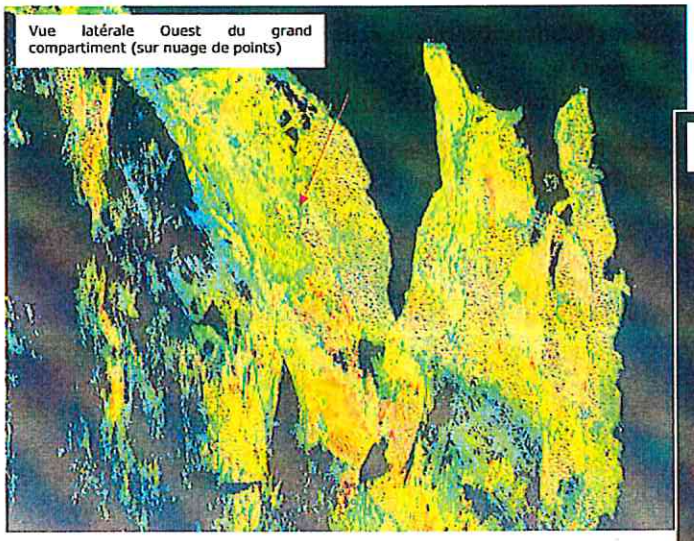
2.1.2 - Modèle numérique de terrain 3D




Vue latérale Est du grand compartiment
(sur MNT photogrammétrique)


Vue latérale Ouest du grand compartiment
(sur MNT photogrammétrique)


Nuage de points : MNT 3D général
obtenu par lasergrammétrie terrestre

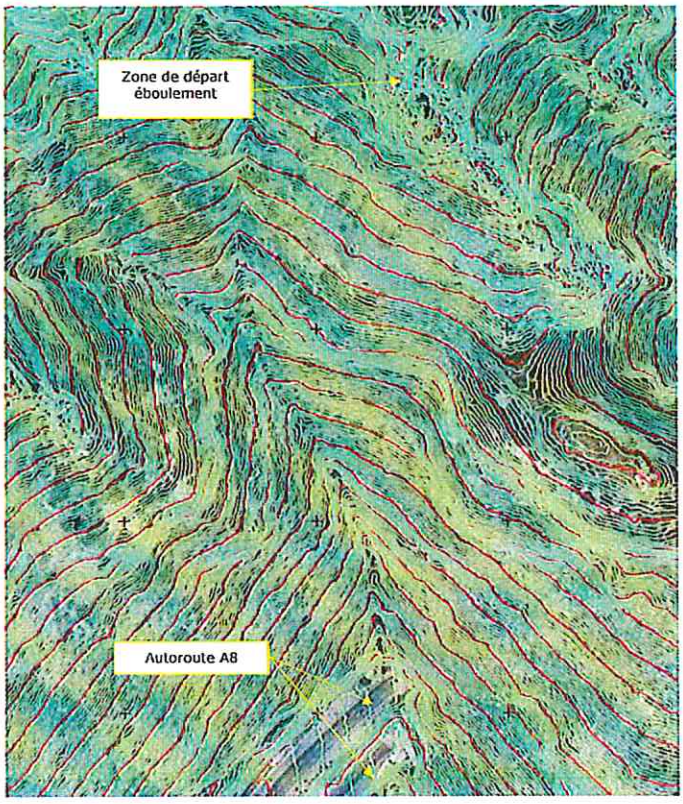

Vue latérale Ouest du grand compartiment (sur nuage de points)

Vue latérale Est du grand compartiment (sur nuage de points)

2.2 - PLAN TOPOGRAPHIQUE GENERAL DU VERSANT

Le versant de l'Arme est inclus dans le périmètre couvert en 2015 par le programme national Litto3D® PACA, dont les données LiDAR sont mises à disposition du public (précision planimétrique de l'ordre de 2 m).

Les données ainsi récupérées ont pu être assemblées au MNT3D levé par nos soins pour obtenir un plan topographique global de la zone comprise entre la crête (zone de départ) et l'autoroute A8.



Plan topographique général du versant, obtenu à partir des données LiDAR disponibles

3 - INVESTIGATIONS ET DIAGNOSTIC DU GRAND COMPARTIMENT

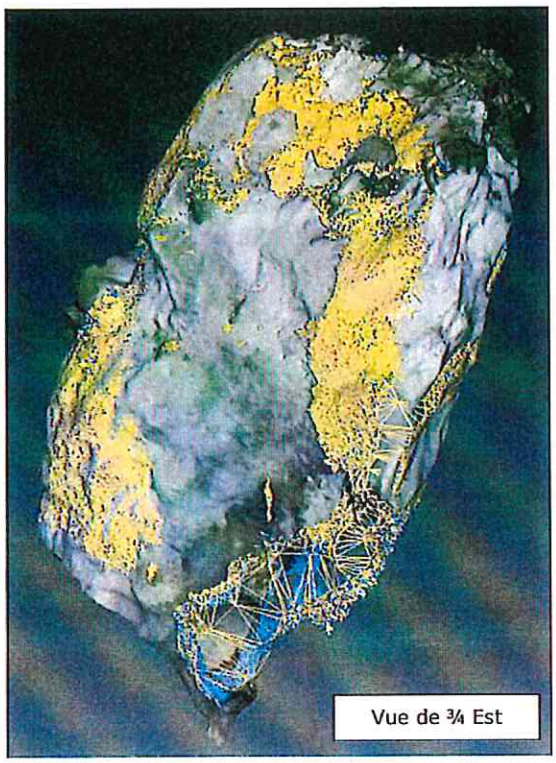
3.1 - CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES ET STRUCTURALES

Dimensions :

Le grand compartiment A objet de l'étude présente un volume global de **480 m³** calculé précisément à partir des modélisations topographiques.

Les dimensions générales du compartiment A sont les suivantes :

- Hauteur maximale (en développé) : 15 m
- Largeur en tête (mesurée sur face avant) : 8 m
- Largeur en pied (mesurée sur face avant) : 10 m
- Largeur maximale (mesurée sur face avant) : 13 m
- Epaisseur en tête : 3 m
- Epaisseur maximale : 4 m



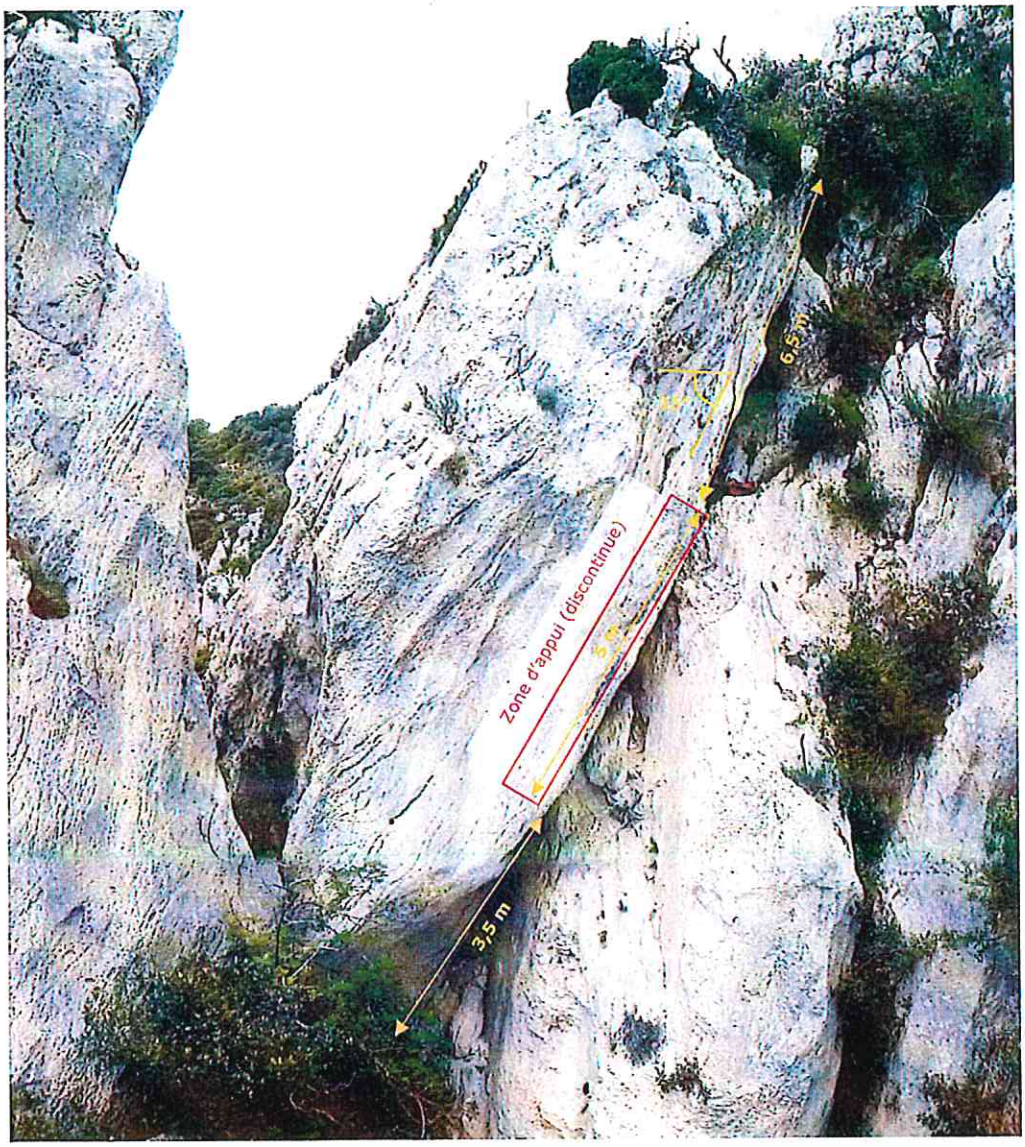
Extraction du compartiment à partir du modèle photogrammétrique / lasergrammétrique pour calcul du volume et positionnement du centre de gravité

Ouverture arrière et zone d'appui intermédiaire :

Le compartiment rocheux présente, outre son appui en pied, une zone d'appui dite « intermédiaire », de 5 m de hauteur et près de 4 m de largeur, discontinue et située entre le quart inférieur et la moitié de sa hauteur totale.

L'analyse de l'ouverture arrière, située entre le compartiment et la paroi rocheuse, indique :

- Inclinaison moyenne de la falaise : 60° (en partie haute) à 70° (en partie basse)
- Inclinaison moyenne du compartiment (face arrière) : 55°
- Position de la zone d'appui : 3 à 8 m au-dessus du pied
- Distance compartiment-falaise au-dessus du point d'appui : 1 à 2 m

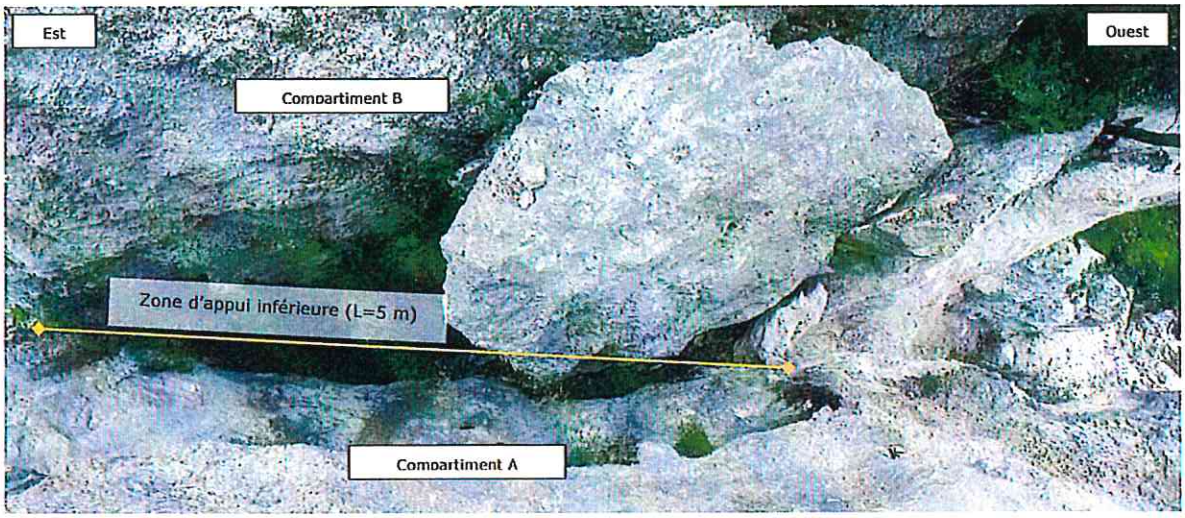


Vue de la zone d'appui intermédiaire depuis le pied du compartiment A (côté Ouest)

Vue de la zone d'appui intermédiaire depuis l'amont (dans l'espace arrière)

Base du compartiment A et zone d'appui inférieure :

Au niveau de sa base, le compartiment A repose contre le compartiment B, sur une longueur de 5 m.



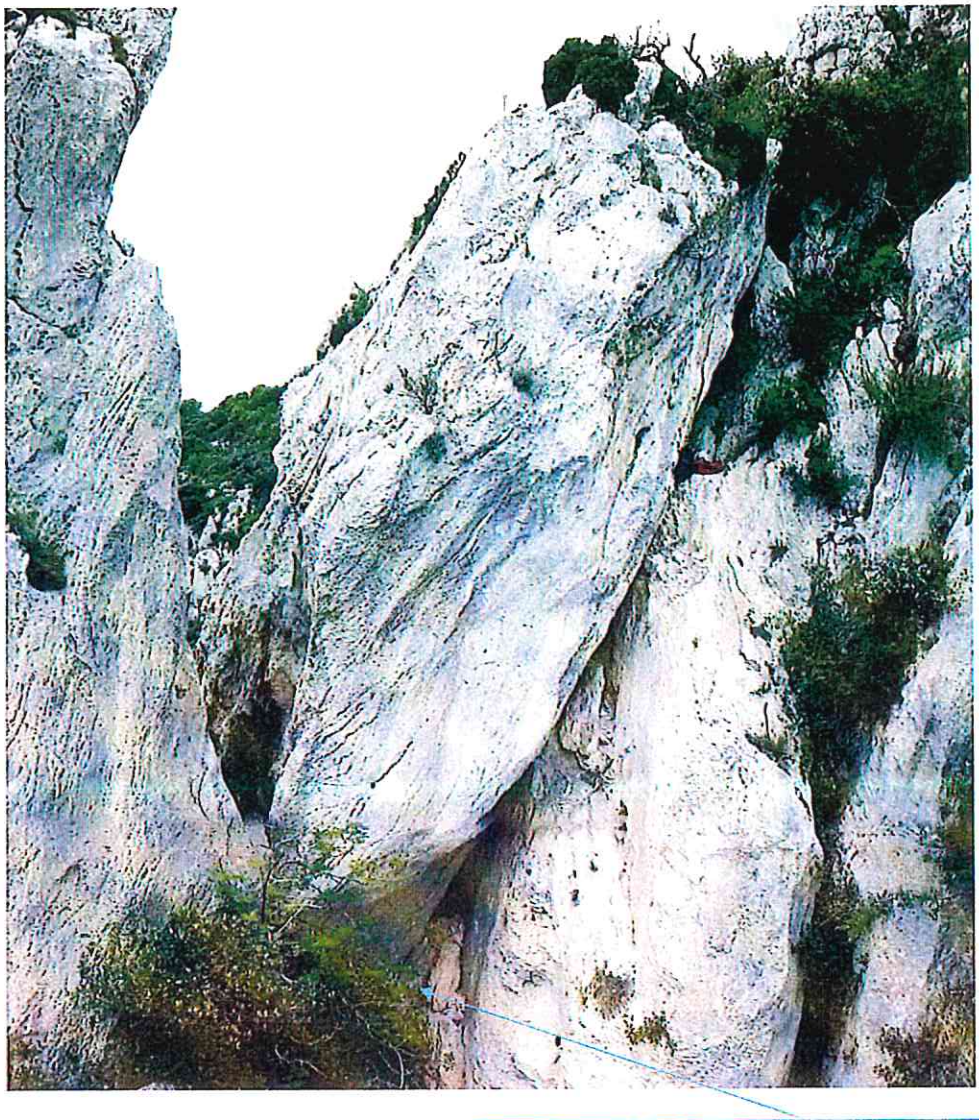
Vue de la zone d'appui inférieure (basale) depuis l'amont

Le compartiment est caractérisé, au niveau de sa base en partie Ouest, par un important surplomb qui dominait initialement le volume rocheux récemment éboulé. Ce surplomb présente les caractéristiques géométriques principales suivantes (mesurées à partir du MNT3D) :

- Longueur (développée) : 6 m
- Inclinaison sur l'horizontale : 28 à 30°
- Longueur horizontale : 5 m

Ci-dessus : vue générale de la base du compartiment A et du surplomb côté Ouest

Ci-contre : vue de détail du surplomb basal côté Ouest



Ci-dessus : vue générale de la base du compartiment A côté Est

Ci-contre : vue de détail de la base côté Est