



## SOCIETE D'EXPLOITATION ET DE DETENTION HOTELIERE VISTA

**ROQUEBRUNE CAP MARTIN (06)**

**VISTA LA CIGALE**

**Travaux de confortement et de protection  
contre les chutes de blocs**

### ETUDE GEOTECHNIQUE

#### Pièce n° 4

INDICE	AFF	DATE	MISSION	SUJET DE REVISION	INGENIEUR	VERIF.
0	48315	14/01/2016	G2 PRO	1 <sup>ère</sup> diffusion	M.ZENERE / MA	L. THOMEL

#### **Forages - Pénétromètres - Essais in situ - Laboratoire - Conseil en Mécanique des Sols**

Société par actions simplifiées au capital de 132.300 Euros – SIRET 542 014 261 00086 – APE 7112 B 542 014 261 RCS AIX-EN-PROVENCE  
N° INDIVIDUEL D'IDENTIFICATION CE : FR 76 542014261 – CCP PARIS 7.566-60

Siège Social et adresse de facturation :  
460, avenue Jean Perrin – 13851 AIX EN PROVENCE  
Tél. 04 42 39 74 85 – Fax 04 42 39 73 91 – e.mail : [aix@sol-essais.fr](mailto:aix@sol-essais.fr)

Agence Côte d'Azur : Les Algorithmes - Thalès B  
2000 route des Lucioles – 06410 BIOT SOPHIA ANTIPOLIS  
Tél. 04 26 03 07 00 – Fax 04 93 33 21 36 – e.mail : [nice@sol-essais.fr](mailto:nice@sol-essais.fr)

**opqibi**  
CERTIFICAT  
N° 77 04 0008

**SOMMAIRE**

<b>I - INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>II - DONNEES GENERALES</b>	<b>4</b>
<b>II-1 CONTEXTE GEOLOGIQUE</b>	<b>4</b>
<b>II-2 PLU</b>	<b>6</b>
<b>II-3 PPR</b>	<b>6</b>
<b>II-4 CLASSEMENT DU SITE</b>	<b>7</b>
<b>II-5 ZONAGE SISMIQUE</b>	<b>7</b>
<b>II-6 DOCUMENTS A NOTRE DISPOSITION</b>	<b>7</b>
<b>III – GENERALITES SUR L’ALEA ET LE RISQUE</b>	<b>8</b>
<b>III-1 LES DIFFERENTES CLASSES D'INSTABILITES</b>	<b>8</b>
<b>III-2 L’ALEA</b>	<b>8</b>
<b>III-3 LE RISQUE</b>	<b>9</b>
<b>IV – OBSERVATIONS</b>	<b>10</b>
<b>IV-1 DESCRIPTION DE LA FALAISE</b>	<b>10</b>
<b>IV- 2 ANALYSE STRUCTURALE DU MASSIF</b>	<b>11</b>
<b>IV-3 INSPECTION DES CONFORTEMENTS EXISTANTS</b>	<b>16</b>
<b>IV- 4 AUDIT SOMMAIRE SUR LES TIRANTS D’ANCRAGE EXISTANTS</b>	<b>17</b>
<b>V – PRINCIPE CONFORTATIFS</b>	<b>17</b>
<b>VI - CONCLUSIONS</b>	<b>21</b>
<b>VII – ENTRETIEN ET CONTROLE</b>	<b>22</b>
<b>VIII – REMARQUES PARTICULIERES</b>	<b>22</b>

## I - INTRODUCTION

La Société d'exploitation et de détention hôtelière VISTA a confié à la Société SOL ESSAIS la mission d'étude géotechnique concernant la stabilité du talus rocheux qui se situe en aval de l'hôtel VISTA PALACE, dont l'emprise est représentée sur la figure 1.

L'étude de la dite falaise a été réalisée en conditions acrobatiques.

La zone d'étude se situe sur la commune de ROQUEBRUNE CAP MARTIN (06), sur un éperon rocheux (baou) caractéristique du chevauchement du Jurassique.

Cette étude entre dans le cadre d'une mission de type G2 PRO, selon la classification des missions géotechniques types, norme NF P 94-500, révisée en novembre 2013.



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude d'après Google Earth

SOL ESSAIS bénéficie d'une mission G2 AVP en cours, relative à l'étude de la réhabilitation et de l'extension Ouest de l'actuel Aéro Vista où cinq sondages destructifs, subhorizontaux, de 15,00 m de profondeur ont été réalisés avec passage caméra optique et analyse structurale du massif rocheux.

Ces documents feront l'objet d'une diffusion ultérieure.

## II - DONNEES GENERALES

### II-1 CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude s'inscrit dans un contexte géologique particulier, par la présence de chevauchement de grande ampleur de massif calcaire du jurassique, allant du Dogger et Malm inférieur dolomitique au Malm supérieur, caractérisé par des bancs blancs de forte puissance localement dolomitisés.

L'éperon rocheux, sur lequel repose l'Aéro Vista, présente une morphologie de baou localement karstifié reconnaissable dans notre région. Localement, à flanc de falaise, par la combinaison de fractures diverses, le matériau se découpe laissant apparaître des éléments instables de grandes dimensions.

Les calcaires peuvent être parcourus d'un réseau karstique développé localement, mis en évidence en falaise sur la zone Est qui, après effondrement très ancien, laissent apparaître un surplomb important.

Ce réseau karstique est à l'origine d'alimentations d'eau préférentielles « en grand ».

La zone est recoupée par la présence d'anciens accidents tectoniques qui explique localement l'état de fracturation du matériau.

En effet, trois gros accidents sont répertoriés à proximité de l'ensemble hôtelier, à savoir :

- un accident sub-vertical N-S limitant l'unité du Miocène visible sur Roquebrune Cap Martin à l'est et l'unité du jurassique carbonaté du Mont Gros. Cet accident se prolonge jusqu'au village de Gorbio vers le Nord de la zone.

## SOL-ESSAIS

- un accident sub-vertical S-W/N-E.
- un accident sub-horizontale correspondant au chevauchement des unités carbonatées du Jurassique sur les séries du Crétacé. Des écailles de Trias arrachées par le chevauchement peuvent être localement visibles en amont de l'hôtel en bordure de l'échangeur.



**Figure 2 : Carte géologique d'après le BRGM**

La carte géologique fait apparaître, en contact avec le Jurassique, une zone de Trias constituée de marnes et dolomies qui ont été arrachées lors du chevauchement. Ces matériaux de qualités mécaniques médiocres apparaissent à l'arrière du projet.

# SOL-ESSAIS

## II-2 PLU

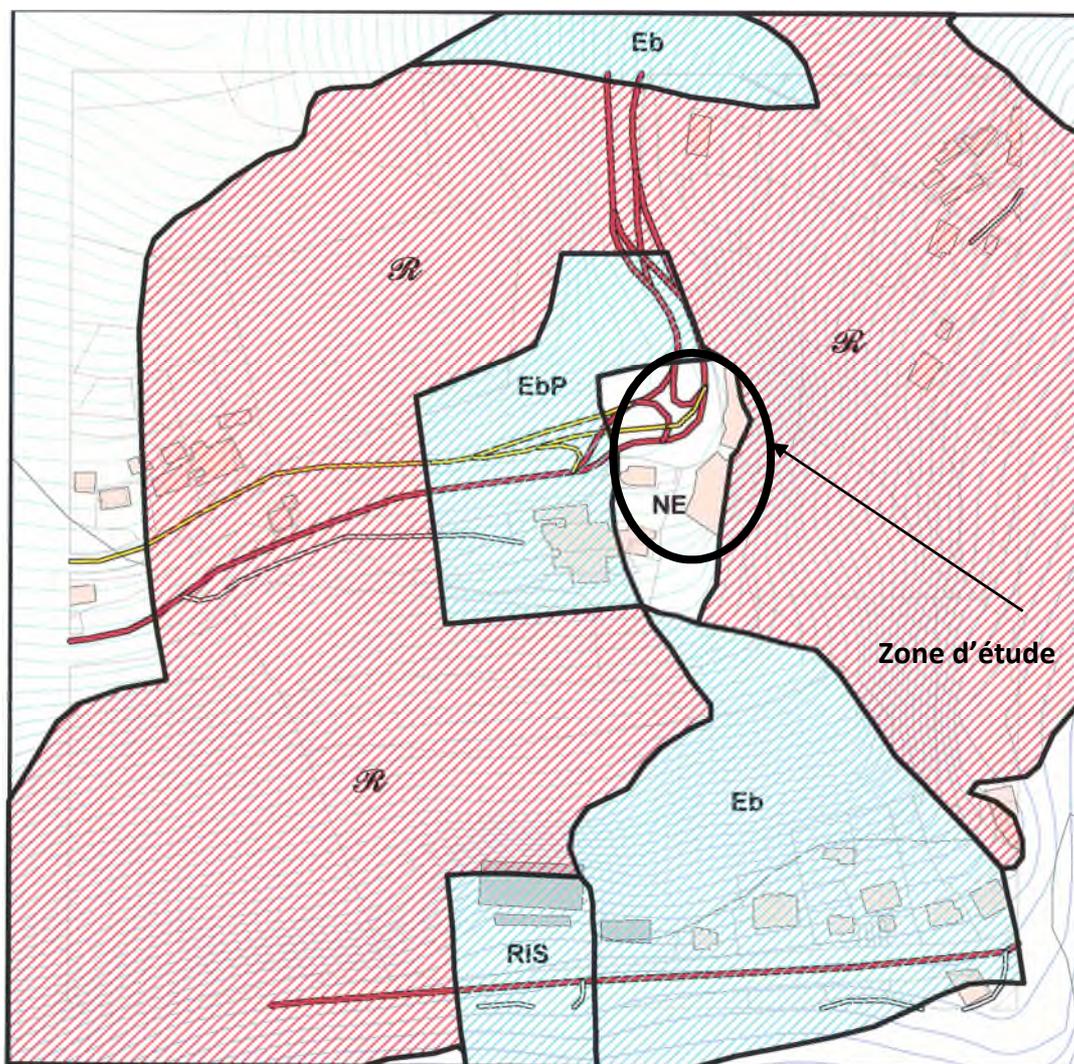
D'après le PLU, la zone d'étude est située dans un secteur soumis à des restrictions particulières.

L'abattage d'arbres est limité à ceux présentant un risque pour la stabilité du massif.

## II-3 PPR

La commune de ROQUEBRUNE CAP MARTIN, où se situe la zone d'étude, dispose d'un Plan de Prévention des Risques "mouvement de terrain".

Un extrait de celui-ci, ciblé sur la zone d'étude, est présenté ci-dessous.



**Figure 3 : Plan de Prévention des Risques mouvements de terrain de ROQUEBRUNE CAP MARTIN**

## **SOL-ESSAIS**

On constate que la falaise se situe dans une zone d'aléa fort.

Les aléas concernés sont :

- chute de blocs niveau 5/5
- chute de pierres niveau 5/5

### **II-4 CLASSEMENT DU SITE**

Le site est classé Natura 2000, qui a pour objectif de maintenir la diversité biologique des milieux, tout en tenant compte des exigences économiques, sociales, culturelles et régionales dans une logique de développement durable, et sachant que la conservation d'aires protégées et de la biodiversité présente également un intérêt économique à long terme.

### **II-5 ZONAGE SISMIQUE**

D'après le décret du 22 octobre 2010, la commune de ROQUEBRUNE CAP MARTIN est classée en zone de risque sismique 4, niveau d'aléa moyen, avec  $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$ .

Selon les observations réalisées, la falaise est constituée de calcaires.

L'objet de la présente note étant limité à l'évaluation des dispositifs à mettre en œuvre sur la falaise afin de limiter le risque de chutes de pierres ou de masses rocheuses et en l'absence de sondages géotechniques, la classe de sol peut être assimilée à une classe C avec  $S=1,5$ .

Un effet de site a été pris en compte dans les calculs par introduction de l'accélération sismique majorant ainsi la contrainte horizontale.

### **II-6 DOCUMENTS A NOTRE DISPOSITION**

Nous avons en notre possession un plan photogramétrique en 3D, après relevé par drone, et un plan de masse provisoire du projet, qui nous a été fourni par le maître d'ouvrage.

**III – GENERALITES SUR L’ALEA ET LE RISQUE****III-1 LES DIFFERENTES CLASSES D'INSTABILITES**

Les différentes classes d’instabilités sont définies en fonction de leurs volumes.

On retrouve :

Classe	Volume	Présent sur le site
Chute de pierres	quelques dm <sup>3</sup>	oui
Chute de blocs	de quelques dm <sup>3</sup> à quelques dizaines de m <sup>3</sup>	oui
Eboulement en masse	supérieur à une centaine de m <sup>3</sup>	oui
Eboulement en grande masse	supérieur à la centaine de milliers de m <sup>3</sup>	Non

**III-2 L'ALEA**

L’aléa se caractérise par un phénomène susceptible de se produire et se définit par une **probabilité d’occurrence** et un **délai**.

**Probabilité d’occurrence**

Probabilité qu’un phénomène (cité dans le tableau ci-dessus) se produise.

Probabilité d’occurrence	Description	Présent sur le site
Très élevée	L’occurrence du phénomène paraît évidente. Sa non occurrence serait exceptionnelle	Oui
Elevée	L’occurrence du phénomène semble plus probable que sa non occurrence	Oui
Modérée	La probabilité d’occurrence est égale à la non occurrence	Oui
Faible	La non occurrence est plus probable	Oui
Très faible	La non occurrence du phénomène paraît évidente L’occurrence serait exceptionnelle	Oui

## Le délai

Délai	Description	Présent sur le site
Imminent	Quelques heures à quelques mois	Oui
Très court terme	Environ 2 ans	Oui
Court terme	Environ 10 ans	Oui
Moyen terme	Entre 30 et 50 ans environ	Oui
Long terme	Plus de 100 ans	Oui

## L'aléa

		Probabilité				
		Très faible	Faible	Modérée	Elevée	Très élevée
Délai	Imminent	X	X	X	Très élevé	Très élevé
	Très court terme	X	X	Elevé	Elevé	Très élevé
	Court terme	X	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé
	Moyen terme	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Elevé
	Long terme	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen

La définition de l'aléa, appliqué aux divers cas étudiés en falaise, apparaît sur le tableau des instabilités, joint en annexe.

### III-3 LE RISQUE

Le risque est défini par la combinaison de l'aléa (occurrence d'un phénomène) et les enjeux concernés par cet aléa (bâtiments, ouvrages, personnes).

Le risque est toujours très important ou fort dans le cas d'une exposition directe de personnes.

	L'enjeu est atteint exceptionnellement	La probabilité d'atteinte est plus forte que la non atteinte	La non atteinte serait exceptionnelle
Risque	Très faible / Faible	Moyen	Fort / Très fort

## IV – OBSERVATIONS

### IV-1 DESCRIPTION DE LA FALAISE

L'étude, en conditions acrobatiques, a été réalisée sur l'ensemble de la falaise dans l'emprise du projet.

D'une hauteur moyenne de 100 m sur environ 170 m de long, cette falaise résulte d'un chevauchement général au Miocène (ère tertiaire) des terrains du Jurassique, lors du plissement alpin.

Le site concerné par l'étude est situé dans une zone où prédomine un substratum calcaire d'âge jurassique, qui affleure toute la partie du secteur étudié, recouvert ponctuellement par de la végétation arbustive, notamment en crête et en pied de talus.

A flanc de falaise, une végétation arbustive s'insinue dans des fractures largement ouvertes ou sur des vires de faibles largeurs.

Cette pousse favorise l'éclatement de la roche localement altérée par les conditions climatiques rudes dans ce secteur.

En effet, le massif est soumis aux influences marines, aux courants ascendants et aux précipitations et ruissellements de surface qui érodent le massif au cours du temps.

Localement, le calcaire prend un caractère dolomitique qui accroît son altération. Ce faciès est surtout mis en évidence en crête de falaise.

Le talus, en aval de l'hôtel, se présente sous la forme d'une barre rocheuse de grande hauteur, d'environ 80 m, constitué d'un calcaire du Jurassique blanc localement fracturé.

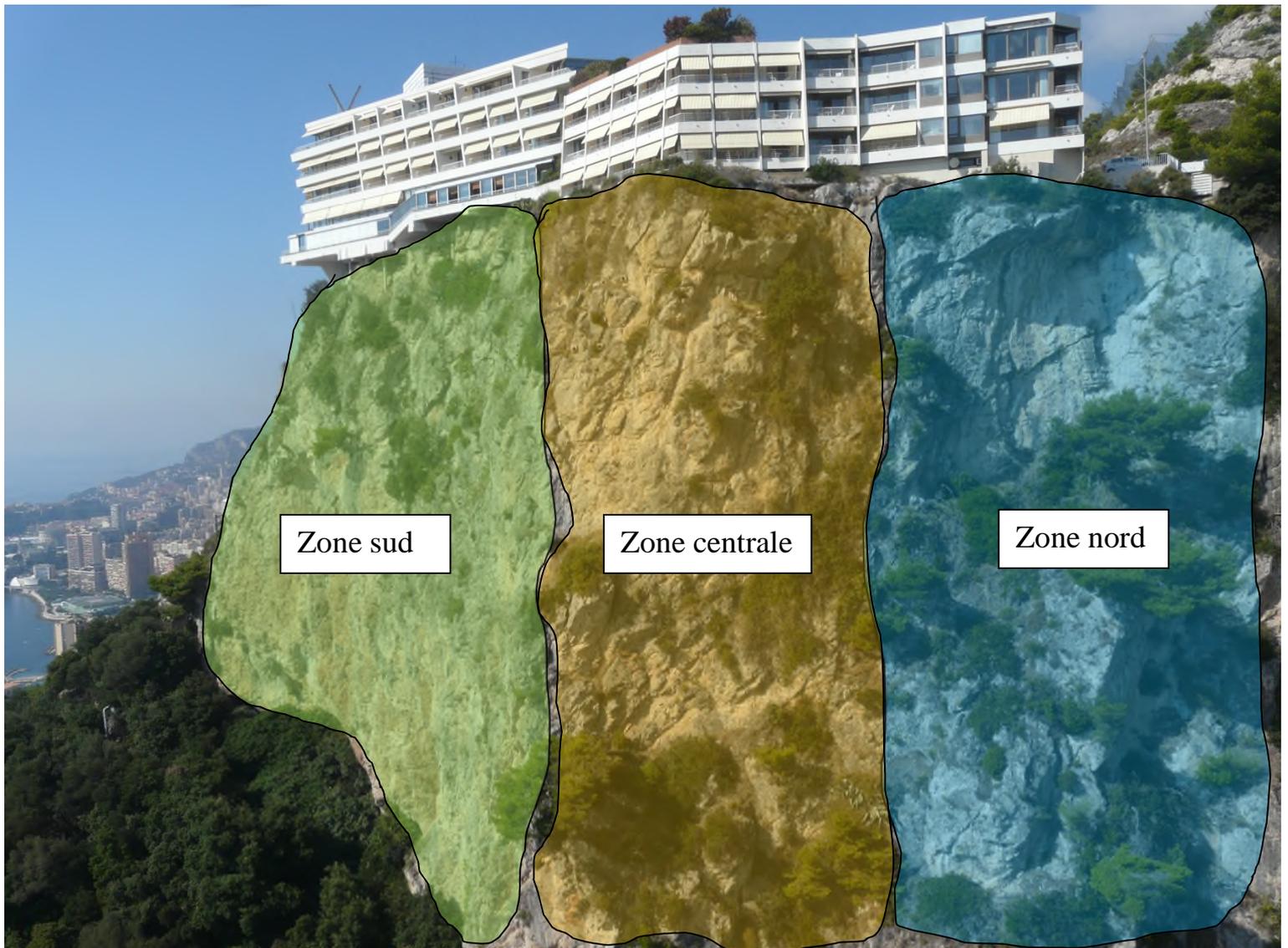
La crête de falaise en léger surplomb laisse apparaître un matériaux calcaire, parfois très fracturé et diaclasé localement.

Quelquefois dolomitisé, ce calcaire, avec l'érosion naturelle, se désagrège en sables carbonatés.

La végétation dans ces zones altérées favorise l'éclatement du matériau rocheux et ainsi la poussée au vide.

IV- 2 ANALYSE STRUCTURALE DU MASSIF

Compte tenu de l'importance de la falaise, nous avons réalisé un zonage des secteurs.



**Figure 4 : Plan de zonage géographique**

La falaise s'étale sur un linéaire de 170 m, orienté Nord-Sud, avec une pente subverticale et localement quelques surplombs, notamment sous la crête de la partie Nord et vers le pied de falaise de la partie Sud et Centrale.

La stratigraphie n'apparaît pas clairement au sein du massif, mais elle semble s'orienter Nord-Sud avec un pendage de 15° vers l'Ouest.

Les fractures primaires relevées en falaise donnent les valeurs suivantes :

- Une famille de fractures K1, orientées de N 20 à N 340, avec un pendage de 60 à 70° vers l'Ouest.

Ces fractures, qui obtiennent des distances interfracturales pluridécimétriques à plurimétriques, sont largement ouvertes avec des épaisseurs parfois pluridécimétriques.

Ces ouvertures sont bien souvent comblées par des matériaux fins, sablo-terreux, où viennent se loger des végétaux qui favorisent le développement de racines et engendrent ainsi la poussée au vide, des blocs déjà désolidarisés du massif.

- Une famille de discontinuité K2, orientées N-S à N 330, avec un pendage de 60° à subvertical vers l'Est.

Ces discontinuités obtiennent des désaffleurements de plusieurs décimètres et laissent place à des matériaux de remplissage silico-carbonatés localement terreux.

Les distances interfracturales restent inférieures au mètre.

- Une série de fractures K3, orientées N 310 à N 340, avec un pendage de 30 à 45° vers l'Est et des distances entre fractures pluridécimétriques.
- La stratigraphie S, orientée N270, avec un pendage de 15° vers l'Est.

Il existe, au sein du massif, des familles de fracture secondaire Sec 1 qui correspondent à des discontinuités moins ouvertes que les familles de fracture primaire, avec plan de joint lisse et rugueux.

Elles s'orientent de N 300 à N 315 avec un pendage de 25 à 40° vers le S-E.

Les distances interfracturales peuvent atteindre quelques décimètres.

## SOL-ESSAIS

Le massif présente localement des zones fortement fracturées et diaclasées qui découpent le matériau avec des distances interfracturales qui peuvent être inférieures à 10 cm.

Ces zones se trouvent principalement dans la partie centrale de la falaise, au sein d'un calcaire dolomitique et bréchique.

La combinaison de ces différentes familles de discontinuités débouche sur la création de dièdres et écaïlles, définis sur le diagramme joint ci-après :

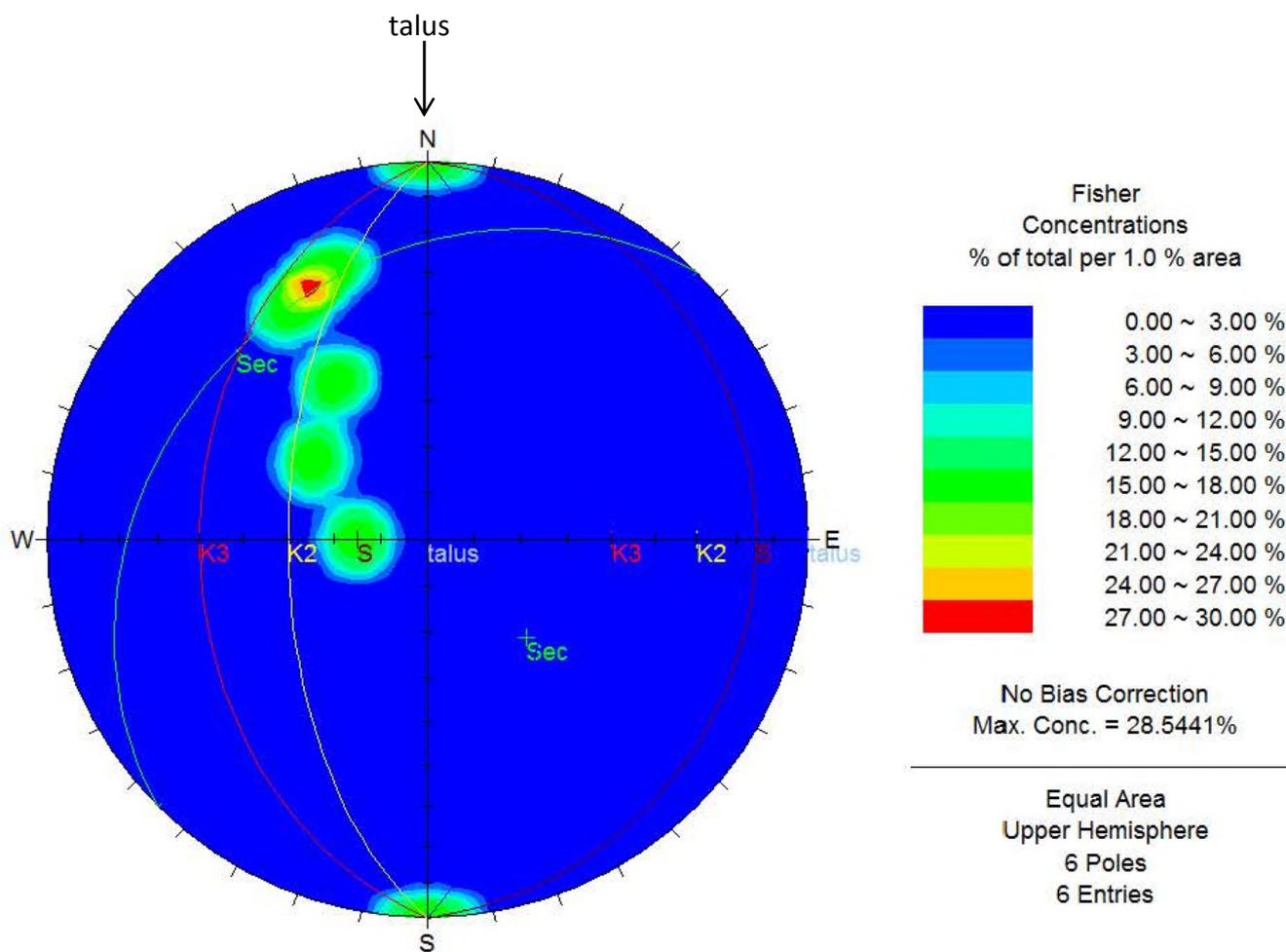


Figure 5 : canevas de Schmidt faisant apparaître les discontinuités relevées en falaise (projection hémisphère supérieur)

## SOL-ESSAIS

Nous avons ainsi pu réaliser le zonage suivant :

### Zone Nord

En crête de falaise, dans la zone la plus au Nord, une végétation arbustive et arborée dense masque des zones altérées qu'il faudra mettre à jour après des travaux de débroussaillage afin de procéder, si nécessaire, à des confortements particuliers.

Il existe quelques écailles plaquées sur des talus calcaires en pente qu'il faudra conforter.

Sous le bâtiment le plus au Nord de l'hôtel, une masse surplombante vient en porte à faux sur la partie verticale de la falaise avec un débord d'environ 3 à 4 m.

Cette masse, soumise aux intempéries et notamment aux circulations de fluide de surface, donne des signes d'altération importante par la création de microfissures et fractures.

Elles peuvent aussi être le témoignage de concentrations de contraintes dues aux surcharges appliquées par la structure existante.

Ce secteur Nord met en évidence de grosses masses rocheuses à flanc de falaise, dont la stabilité semble très fragilisée par la présence de matériaux de remplissage sablo terreux, favorisant le développement d'une végétation arbustive intense.

Les masses relevées peuvent atteindre plusieurs mètres à plusieurs dizaine de mètres cubes et ne pourront être stabilisées que par la mise en place de filets plaqués ou de canevas de câbles, adaptés en fonction de la taille et de la géométrie des éléments.

Les écailles et dièdres calcaires de très grosse dimension devront être stabilisés à l'aide de canevas de câbles en acier galvanisé,  $\varnothing$  16 mm minimum, bloqués par des barres d'ancrages (avec leur plaque 200 x 200 mm), type Gewi  $\varnothing$  32 à 35mm (35+), d'une longueur variable pouvant aller jusqu'à 10 m, en fonction des éléments à stabiliser.

Ces barres d'ancrages passifs seront scellés au coulis de ciment ou mortier sur toute leur hauteur avec un  $C/E=2$ .

### **Zone Centrale**

Une grande partie de la crête de falaise est parcourue par un réseau de fracturation intense avec des distances interfracturales assez faibles, donnant un aspect bréchiqque au matériau.

Quelques gros accidents, inclinés à 60°/horizontale, découpent de grosses écailles anciennement confortées, qu'il sera nécessaire de reprendre lors des travaux de mise en sécurité.

Certaines écailles atteignant des volumes compris entre 2 et 20 m<sup>3</sup> reposent sur un talus rocheux incliné, maintenues par le frottement des contacts écaille/support et quelques butées de pied constitués d'un matériau dolomitique très fracturé et diaclasé.

Localement la végétation arbustive s'est développée à l'instar de fractures ouvertes qui laissent place à des matériaux de remplissage sablo-terreux, favorisant ainsi la poussée au vide par le développement de racines.

Sur la partie courante de la falaise, de grosses masses sont recensées qui nécessiteront des confortements adaptés par canevas de câbles ou filets plaqués.

En pied de falaise, il existe quelques zones en surplomb où de grosses masses sont partiellement désolidarisées de la falaise dont certaines, après leur décrochement, gisent 10 m plus bas en pied de falaise, sur des plateformes naturelles de réception des matériaux éboulés.

Certains éléments instables pourront être purgés avec précaution alors que d'autres devront être confortés par mesure de sécurité vis-à-vis des propriétés situées en contrebas.

### **Zone Sud**

En tête de falaise, quelques grosses écailles sont posées et nécessiteront des confortements adaptés.

Dans la partie centrale de la falaise, une zone bréchiqque, constituée de calcaire dolomitique, met en évidence de nombreux blocs et écailles à conforter de taille importante.

Il sera nécessaire dans cette zone de supprimer toute la végétation arbustive, qui favorise l'éclatement des discontinuités largement ouvertes au sein de ces matériaux altérés.

Il existe en pied de falaise de grosses masses instables qui seront, lors de la phase travaux, maintenues à l'aide de filets plaqués ou de canevas de câbles, ancrés.

## IV-3 INSPECTION DES CONFORTEMENTS EXISTANTS

Plusieurs interventions de travaux en falaise ont été réalisées au fil des temps afin de mettre en sécurité quelques zones sensibles vis-à-vis des propriétés aval.

Ces confortements intéressent la crête de falaise et sont principalement formés de filets plaqués, de canevas de câbles et de quelques clous dont le diamètre nous semble insuffisant au vue des éléments, de taille importante, à stabiliser.

Après examen des filets plaqués, il s'avère que ceux-ci ne jouent pas leur rôle, du fait des espacements importants entre les blocs à conforter et des câbles de maintien très détendus.

Ce phénomène peut s'expliquer par l'évolution de la falaise et /ou des confortements dans le temps.

Sur certaines zones, les serres câbles et canevas de câbles sont totalement rouillés par l'absence de traitement par galvanisation. Une écaille calcaire d'environ 8 à 10 m<sup>3</sup>, située sur la partie Nord de la falaise , a été reprise lors des travaux de protection précédents.

Sur la crête de talus, dans la partie centrale de la falaise, au droit de l'Aéro Vista, des filets plaqués ont été installés, englobant de grosses masses en forme d'écailles, posées sur un pan incliné de 30 à 60°/ à l'horizontale.

Ces confortements obsolètes par absence de plaquage doivent être remplacés, soit par des filets plaqués, soit par des canevas de câbles, associés à des ancrages passifs de 4 à 6 m de profondeur permettant d'atteindre un massif sain.

Il existe, à flanc de falaise, des blocs et écailles anciennement confortés par des canevas de câbles et clous très oxydés à remplacer.

### IV-4 AUDIT SOMMAIRE SUR LES TIRANTS D'ANCRAGE EXISTANTS

Il existe une trentaine de tirants d'ancrage, répartis sur une trentaine de mètres dans la partie centrale, quelques mètres sous la crête de falaise, qui ne donnent pas de signe d'anomalie apparente.

Ces observations devront être confirmées par des mesures non destructives et réalisées par une entreprise spécialisée.

Nous n'avons pas eu d'informations sur leur longueur, ni leur capacité, mais un de ces tirants est équipé d'un comparateur qui donne une valeur de 506 KN, qui correspond à 52 tf de tension.

### V – PRINCIPE CONFORTATIFS

En 2010, deux lignes de barrières dynamiques de classe 9 ont été installées en contrebas du pied de falaise, suivant les analyses trajectographiques qui avaient été réalisées au préalable.

Ces écrans sont constitués de filets déformables, à dissipation d'énergie, d'une hauteur utile de 5 m, avec des modules fonctionnels de 15 à 20 m de longueur.

Le filet a été doublé par une nappe de grillage, simple torsion, maille 50 x 50 mm afin de limiter le passage des petits éléments à travers l'écran.

A droit de petits vallons, les bavettes ont complété les écrans dynamiques mis en place lorsque la topographie accidentée le nécessitait.

Elles ont été constituées de filet ASM, et doublées de grillage simple torsion 50 x 50 mm, afin de répondre aux mêmes capacités dynamiques et de blocage que les écrans qu'elles complètent.

Ces dispositifs de protection mis en place sous l'Aéro Vista, sont destinés à assurer la sécurité des biens et des personnes situés en aval de ceux-ci.

Ces éléments de protection devaient impérativement être soumis à un contrôle périodique, au moins annuel et confié à un cabinet spécialisé, destiné à suivre l'évolution et assurer la pérennité dans le temps.

Selon les observations effectuées, aucune visite, ni entretien n'ont été effectués.

Ils devront faire l'objet avant et après confortement de la falaise, d'une visite générale, afin de vérifier les éventuelles chutes de bloc au droit des barrières avec évacuation des matériaux rocheux, accumulés dans le temps. Cette intervention constituera un audit sur les dispositifs existants.

Le contrôle et l'entretien des ouvrages devront donc être préconisés dans le temps sous forme de Cahier des charges de maintenance des ouvrages.

Lors des relevés, il apparaît de nombreuses masses nécessitant un confortement compte tenu de leur poids qui, lors de leur chute potentielle, ne pourrait être accepté par les barrières dynamiques en place.

En général, l'ensemble des crêtes de falaise devra faire l'objet d'une purge et d'une évacuation systématique préalable à l'avancement, permettant d'éliminer les pierres et blocs de petites tailles.

Ces purges devront être soigneusement contrôlées vis-à-vis des propriétés situées en contre bas, malgré la présence des barrières dynamiques.

Le respect de cette condition pourra nécessiter, selon la technique proposée par l'entreprise, la mise en œuvre de protections provisoires complémentaires.

Les calcaires situés en partie sommitale étant très fracturés et altérés par des circulations d'eau, notamment liées aux ruissellements de surface, il nous semble nécessaire de prévoir un grillage métallique sur une grande partie de la surface de la crête du talus avec des câbles de tête et de pied.

Ce dispositif jouera le rôle d'avaloir des petits éléments, susceptibles de se désolidariser du massif au fil du temps.

## SOL-ESSAIS

Ils feront l'objet de visites annuelles afin d'effectuer des contrôles de leur bon fonctionnement.

Les grillages de protection mis en place sur les talus et falaises seront de type grillage simple torsion, fil de 2,6 à 3 mm de diamètre, galvanisé classe C à maille 50 x 50mm.

Ils pourront être doublés de géogrille tridimensionnelle sur les parties les plus fracturées et altérées des massifs situés en crête de falaise.

Localement, les zones très fracturées feront l'objet de parement en béton projeté armé et drainé.

Après la mise en place de ces protections, sur l'ensemble de la falaise, les écailles et blocs de grosses dimensions seront stabilisés à l'aide d'ancrages passifs, associés à des canevas de câble entrecroisés ou filets plaqués.

Les blocs et écailles en porte à faux pourront faire l'objet de butées mécaniques bétonnées, ancrées.

La totalité des masses recensées à l'équilibre limite devra être stabilisée par des séries de canevas de câbles et filets plaqués, maintenus par des ancrages passifs, d'environ 3 m à 10 m de profondeur (à adapter en fonction de la nature et de la compacité du calcaire en place et de la masse des blocs à conforter), forés à l'aide d'un outil adapté en fonction du diamètre de barre à mettre en place.

Ils seront scellés, sur toute leur longueur, à l'aide d'un coulis de ciment avec un C/E=2.

Les trous de forage seront équipés de barres d'ancrage, de diamètre 32mm minimum, qui seront de type haute adhérence, en acier nuance Fe 500.

Ils comporteront à leur extrémité une plaque et un écrou de blocage revêtus de peinture anticorrosion. Ces ancrages seront associés à des câbles d'acier de 16 mm minimum.

La longueur nominale des ancrages passifs est définie comme étant égale à la longueur de la partie scellée dans le rocher désignée par "profondeur" ou "longueur d'ancrage".

La longueur hors trou est en général égale à 0,20 m environ.

## SOL-ESSAIS

L'implantation et l'orientation des ancrages devront être conformes aux données d'implantation et aux spécifications définies par le maître d'œuvre.

Le trou de scellement d'un ancrage devra avoir une profondeur légèrement supérieure à la longueur de l'ancrage, pour permettre, dans tous les cas, le scellement de la barre sur la longueur nominale prévue.

Le diamètre de foration devra permettre de ménager un espace annulaire autour de la barre de dix (10) à quinze (15) millimètres au minimum, pour le scellement au ciment.

Les barres seront toutes équipées de centreurs avec un espacement de 3 m.

Avant introduction du coulis de scellement, les trous de scellement devront être nettoyés à l'air comprimé.

Après nettoyage et contrôle des trous de scellement, le coulis de scellement sera injecté en **fond de trou** au moyen d'un tube plongeur, retiré progressivement au fur et à mesure du remplissage, de manière à obtenir un remplissage complet du scellement, exempt de poches d'air, ou bien d'un tube d'injection et d'un tube d'évent laissés en place.

En fin de mise en place de la barre, le coulis de scellement doit déborder du trou d'ancrage qui ne doit présenter aucun défaut de remplissage.

L'entrepreneur devra veiller à effectuer un complément de remplissage de coulis ou de mortier pour compenser le retrait de celui-ci.

Sur l'ensemble de la falaise, les chandelles et écailles calcaires de stabilité précaire nécessiteront les travaux particuliers suivants :

- confection d'une série de canevas de câble, placés à la base de la chandelle, maintenus par des ancrages passifs ancrés avec précaution ;
- stabilisation de l'ensemble de la masse calcaire à l'aide de câbles ancrés dans le substratum massif ou de filets plaquée ancrés.

Il sera également nécessaire de soigner la collecte et l'évacuation des eaux des surfaces imperméabilisées, issues des constructions existantes et futures, et les eaux météoriques.

## VI - CONCLUSIONS

L'ensemble du talus rocheux inspecté présente des éléments de stabilité précaire à conforter rapidement avec des précautions toutes particulières pour les éléments situés sur le premier tiers supérieur de la falaise.

Pour l'ensemble du talus, il nous semble nécessaire d'effectuer les travaux suivants :

- Nettoyage des crêtes de falaise par évacuation des masses rocheuses fragiles et petits blocs instables, associé à la suppression de toute végétation arbustive et arborée, susceptible de générer un enracinement au sein des matériaux rocheux calcaires les plus fracturés ;
- Contrôle des barrières dynamiques en pied de falaise ;
- Mise en place systématique de grillages plaqués sur une grande partie de la crête de falaise, avec blocage à l'aide de câbles en acier ancrés, associés localement à des géogrilles tridimensionnelles;
- Mise en œuvre de béton projeté, équipé d'un système de drainage sur les zones les plus fracturées et décomprimées ;
- Confortement des écailles et blocs de grande dimension à l'aide de canevas de câbles de  $\varnothing$  16mm, ancrés par des barres de 32 mm à 35 mm de diamètre, scellés au coulis de ciment et filets plaqués préfabriqués dont les surfaces seront définies dans le DCE ;
- Ancrage profond des blocs, écailles et chandelles de grosse dimension dont les longueurs seront définies dans le DCE.

L'ensemble de la zone ainsi traitée doit être surmonté par une cunette, permettant la collecte et l'évacuation, au réseau d'eaux pluviales, des eaux de ruissellement, provenant de la partie amont du talus ainsi qu'une clôture antichute pour l'entretien des ouvrages.

Cette étude a concerné l'étude du confortement des masses sensibles, recensées en falaise sous l'Aéro Vista, sans tenir compte de l'interaction sol/ structure du bâtiment devant être réhabilité.

Cette étude devra faire l'objet d'une mission spécifique, en collaboration avec un bureau d'étude structure, afin de définir les modes de reprise des fondations qui nécessitera vraisemblablement de renforcer la falaise, indépendamment des dispositifs de confortement mis en œuvre, relatifs à la présente étude.

### VII – ENTRETIEN ET CONTROLE

Ce point prend ici une importance prépondérante et nécessite à notre sens une visite annuelle de l'ensemble des versants rocheux, destinée essentiellement à contrôler l'évolution des matériaux rocheux ainsi que tous les ouvrages de confortement et protection mis en place afin de contrôler la bonne tenue de ces dispositifs.

Cette visite permettra de vérifier également qu'aucun aménagement n'est susceptible d'en modifier l'efficacité (terrassements intempestifs pouvant provoquer des rebonds aléatoires ou modification de la stabilité des barrières, par déchaussement par exemple).

### VIII – REMARQUES PARTICULIERES

Dans le cadre des études d'exécution et des procédures de travaux associés, l'entreprise devra tenir compte de la prise en compte et du respect des préconisations générales suivantes :

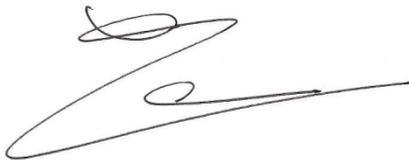
- Définition d'une note de Méthode Observationnelle intéressant la phase provisoire et de service ;
- Elaboration d'une mission d'étude géotechnique d'exécution de type G3 confiée à un BET spécialisé présentant des références spécifiques ;
- Prise en compte du risque de gel dans l'incidence des poussées, sur des zones susceptibles d'être sujettes à des alimentations d'eau ;
- Protection contre la corrosion du premier mètre de barre faisant ancrage, de la platine et de l'écrou associé, par application d'une galvanisation à froid ou d'une résine époxy bicouche ;
- Possibilité d'injecter des coulis ou mortier de scellement ;
- Nécessité de proposer une procédure de traitement de cavité qui pourrait être recoupée lors des travaux de purge ou d'injection ;

## SOL-ESSAIS

- Prise en compte de l'incidence sismique dans le dimensionnement des ancrages ;
- Etablissement de fiches de forage à l'avancement constituant la reconnaissance de sol de détail des zones à conforter.

Biot, le 14 janvier 2016

M. ZENERE

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized, cursive 'Z' followed by a horizontal line and a small flourish.