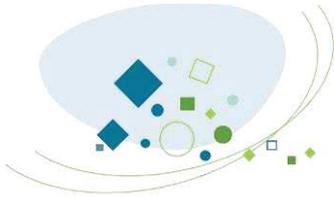


ANNEXE 5

MISSION G2PRO –
ANTEA – septembre 2020



Mairie de la Garde



La Garde (83) - Confortement de la falaise de la Plage de Massacan – Parcelles AW 260, AW 261, AW 286-287, AW 348-285, AW 481

Mission G2 PRO



Rapport n°B105079– 04 septembre 2020

Projet suivi par Gilles PICARD – 04 42 08 85 73 – gilles.picard@anteagroup.com

Fiche signalétique

La Garde (83) - Confortement de la falaise de la Plage de Massacan – Parcelles - Mission G2 PRO

CLIENT	SITE
Mairie de la Garde Rue Jean-Baptiste Lavène 83130 LA GARDE	Falaise de la plage de Massacan
Nom : Mme Sandrine MICHEL Tél : 04.94.08.98.33 Mail : smichel@ville-lagarde.fr	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Gilles PICARD
Interlocuteur commercial	Gilles PICARD
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation d'Aubagne 04.42.08.70.80 secretariat.marseille-fr@anteagroup.com
Rapport n°	B105079
Version n°	B
Votre commande et date	Notification du 20 février 2020
Projet n°	PACP200048

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Olivier RENAULT Hadrien ROCHE	Ingénieurs géologues	04 septembre 2020	
Approbation	Gilles PICARD	Chef de projet	27 Juillet 2020	
Relecture qualité	Marie-Laure ANTONUCCI	Secrétariat	<MOIS_ANNEE>	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	20/07/2020			Création et diffusion
B	04/09/2020			Enjeux et recommandations

Sommaire

1.	Introduction.....	8
1.1.	Description du projet	8
1.2.	Documents de référence.....	10
2.	Le projet dans son contexte	12
2.1.	Objectif du projet	12
2.2.	Description de la zone d'étude.....	12
2.3.	Contexte géologique	14
2.4.	Contexte structural.....	15
2.5.	Mouvements de terrain historiques /désordres constatés	16
2.5.1.	Mouvements anciens.....	16
2.5.2.	Mouvements de terrain récents	17
2.5.3.	Réseau de suivi.....	17
2.6.	Contexte hydrogéologique.....	19
2.7.	Contexte sismique	19
2.8.	Contexte environnemental	20
3.	Evaluation des aléas par zones.....	21
3.1.	Aléa rocheux – Définition	21
3.1.1.	Classes d'instabilité	21
3.1.2.	Aléa de rupture	21
3.1.3.	Aléa « atteinte des enjeux existants »	22
3.1.4.	Risque rocheux.....	22
3.2.	Observations par zones	22
3.2.1.	Parcelle AW 481	22
3.2.2.	Parcelle AW 261	29
3.2.3.	Parcelle AW 260	36
3.2.4.	Parcelle AW 348-285.....	39
3.2.5.	Parcelle AW 286-287.....	45
4.	Hypothèses retenues pour le dimensionnement.....	50
4.1.	Type d'ouvrage.....	50
4.2.	Modèle géotechnique	50
4.3.	Hypothèses hydrogéologiques	50
4.4.	Hypothèses sismiques	50
4.5.	Surface de rupture étudiées.....	50
4.6.	Profils étudiés.....	52

4.7. Surcharges	53
4.8. Corrosion	53
5. Confortement du talus rocheux	54
5.1. Stabilités étudiées	54
5.2. Coefficients de sécurité partiels	54
5.2.1. Caractéristiques des ancrages passifs	55
6. Détail des travaux à réaliser par zones	58
6.1. Parcelle AW 481	58
6.2. Parcelle AW 261	60
6.3. Parcelle AW 260	62
6.1. Parcelle AW348-285	63
6.2. Parcelle AW286-287	64
6.3. Préchiffrage global	65
7. Planning de réalisation	68
8. Dispositions spécifiques à la phase chantier	69
8.1. Béton	69
8.2. Forage	69
8.3. Modification des données d'entrée	69
8.4. Végétalisation	69

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site sur la carte IGN à 1/25 000	8
Figure 2 : Localisation des parcelles sur une vue aérienne	9
Figure 3 : Extrait de la carte d'aléa IMSRN (août 2016) validée par le BRGM pour les parcelles AW 481 (THIERY), AW 261 (VENTE), AW 260 (ROUVREAU/BOURGEOIS)	9
Figure 4 : Extrait de la carte d'aléa BRGM (mai 2019) pour les parcelles AW 348-285 (ARION) et AW 286-287 (PONSOT)	10
Figure 5 : Vue panoramique de la falaise côté Ouest sous les propriétés THIERY, VENTE et ROUVREAU/BOURGEOIS	12
Figure 6 : Vue panoramique de la falaise, côté Est, sous les propriétés ARION et PONSOT	13
Figure 7 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000 de Toulon	14
Figure 8 : Interprétation tectonique de la zone instable sous les propriétés THIERY, VENTE et ROUVREAU/BOURGEOIS	16
Figure 9 : Extrait de la carte d'observations du BRGM avec interprétation des directions de fissures observées dans la propriété VENTE au-dessus de la zone instable	17
Figure 10 : Positionnement des jauges SAUGNAC sur la parcelle AW 261 (d'après GINGER)	18
Figure 11 : Carte de l'aléa sismique du département du Var	19
Figure 12 : Falaise sous la parcelle AW 481 - observations générales	23
Figure 13 : Falaise sous la parcelle AW 481 – vue rapprochée	24
Figure 14 : Falaise sous la parcelle AW 481 – emprise de départ de bloc « récente »	24

Figure 15 : Falaise sous la parcelle AW 481 – partie sommitale	25
Figure 16 : Falaise sous la parcelle AW 481 – zone fauchée à mi pente	25
Figure 17 : Falaise sous la parcelle AW 481 – Mur sommital, vue d’ensemble	26
Figure 18 : Falaise sous la parcelle AW 481 – épaufrures sur mur sommital	26
Figure 19 : Falaise sous la parcelle AW 481 – épaufrures sur et fissure sur pilier	27
Figure 20 : Falaise sous la parcelle AW 481 – Situation des secteurs homogènes	28
Figure 21 : Les différents types de fauchage (Goodman & Bray, 1976).....	29
Figure 22 : Falaise sous la parcelle AW 261 - observations générales	30
Figure 23 : Falaise sous la parcelle AW 261 – crête disloquée instable	31
Figure 24 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de fracture ouverte de 30 cm	31
Figure 25 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de banc fracturé	32
Figure 26 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de zone ocreuse	32
Figure 27 : Parcelle AW 261 – fissure	33
Figure 28 : Parcelle AW 261 – affaissement de la bordure de la terrasse	33
Figure 29 : Parcelle AW 261 – Localisation des principales fissures au droit de la piscine/comparaison avec les directions des principales discontinuités géologiques visibles par drone.....	34
Figure 30 : Falaise sous la parcelle AW 261 – Situation des secteurs homogènes	35
Figure 31 : talus sous la parcelle AW 260 – vue générale	36
Figure 32 : Falaise sous la parcelle AW 261 – aspect du talus sous la végétation	37
Figure 33 : Parcelle AW 261 – zone légèrement affaissée	37
Figure 34 : Talus sous la parcelle AW 260 – Situation des secteurs homogènes.....	38
Figure 35 : Falaise sous les parcelles AW 348-285 - Observations en pied de falaise	39
Figure 36 : Crête de falaise sous les parcelles AW 348-285 - Observations par drone du surplomb bréchtique	40
Figure 37 : A gauche : Vue de l’Est de la corniche ; A droite : Vue de la corniche du dessous	40
Figure 38 : A gauche : Vue du gouffre au sein des calcaires dolomitique ; A droite : décollement d’un compartiment de calcaire dolomitique par fauchage (vue de l’Est).....	41
Figure 39 : Observation en pied de falaise.....	42
Figure 40 : Identification des plans de fracturation depuis les observations en pied de falaise	43
Figure 41 : vue d’ensemble	46
Figure 42 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Contexte géologique	46
Figure 43 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations sur la tête de falaise.....	47
Figure 44 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations côté Est	48
Figure 45 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations en pied de falaise.....	48
Figure 46 : Localisation des profils TALREN.....	52
Figure 47 : Falaise sous la parcelle AW 481 – vue en élévation des confortements	58
Figure 48 : Falaise sous la parcelle AW 261 – vue en élévation des confortements	60
Figure 49 : Falaise sous la parcelle AW 260 – vue en élévation des confortements	62

Table des tableaux

Tableau 1 : Stabilités vérifiées.....	54
Tableau 2 : Coefficients partiels pour l’approche 2 et l’approche 3	55
Tableau 3 : Caractéristiques des ancrages passifs pour le confortement du talus rocheux - Secteur AW 260-AW261-AW481	56
Tableau 4 : Caractéristiques des ancrages passifs pour le confortement du talus rocheux - Secteur AW 348-285-286-287	56

Table des annexes

Annexe I :	Extrait de la norme NFP 94-500
Annexe II :	Vérification du confortement ancré + rétrocalages – Calculs Talren
Annexe III :	Vérification béton armé – Calcul GEOSPAR
Annexe IV :	Caractéristiques techniques du grillage TECCO® INOX
Annexe V :	Vérification paroi TECCO® - Calcul Ruvolum
Annexe VI :	Vérification des armatures des ancrages passifs

1. Introduction

1.1. Description du projet

La falaise de la plage de Massacan, située sur la commune de la Garde (83), borde sur un linéaire d'environ 350 m, un plateau sur lequel sont installées une douzaine de propriétés privées. En 2014, un important éboulement s'est produit sous l'une de ces propriétés - parcelle AW288 (BINON) - entraînant son évacuation.

Dans le but de procéder à des travaux de sécurisation à caractère préventif, la Mairie de la Garde a souhaité procéder à la réalisation d'une étude de confortement de la falaise de la plage de Massacan sous les parcelles suivantes :

- AW 481 (THIERY),
- AW 261 (VENTE),
- AW 260 (ROUVREAU/BOURGEOIS),
- AW 348-285 (ARION),
- AW 286-287 (PONSOT).

En effet, d'après les études antérieures du BRGM (2019) et d'IMSRN (2016), ces parcelles sont concernées *pro parte* par un aléa « éboulement » de niveau fort. Les parcelles AW 261 (VENTE), AW 348-285 (ARION), AW 286-287 (PONSOT) sont plus particulièrement menacées en raison de la proximité des enjeux (habitations, piscines, terrasses) avec les zones d'aléas les plus élevées.

La présente mission correspond à une mission géotechnique de type G2 PRO telle que le prévoit la norme NFP 94 500 de novembre 2013.

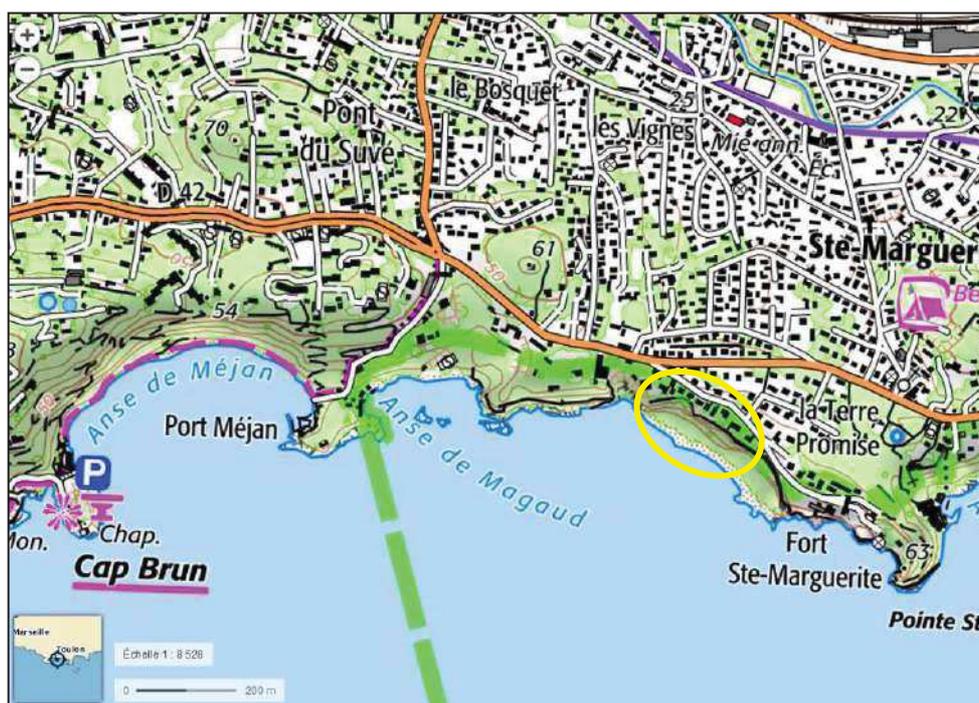


Figure 1 : Localisation du site sur la carte IGN à 1/25 000

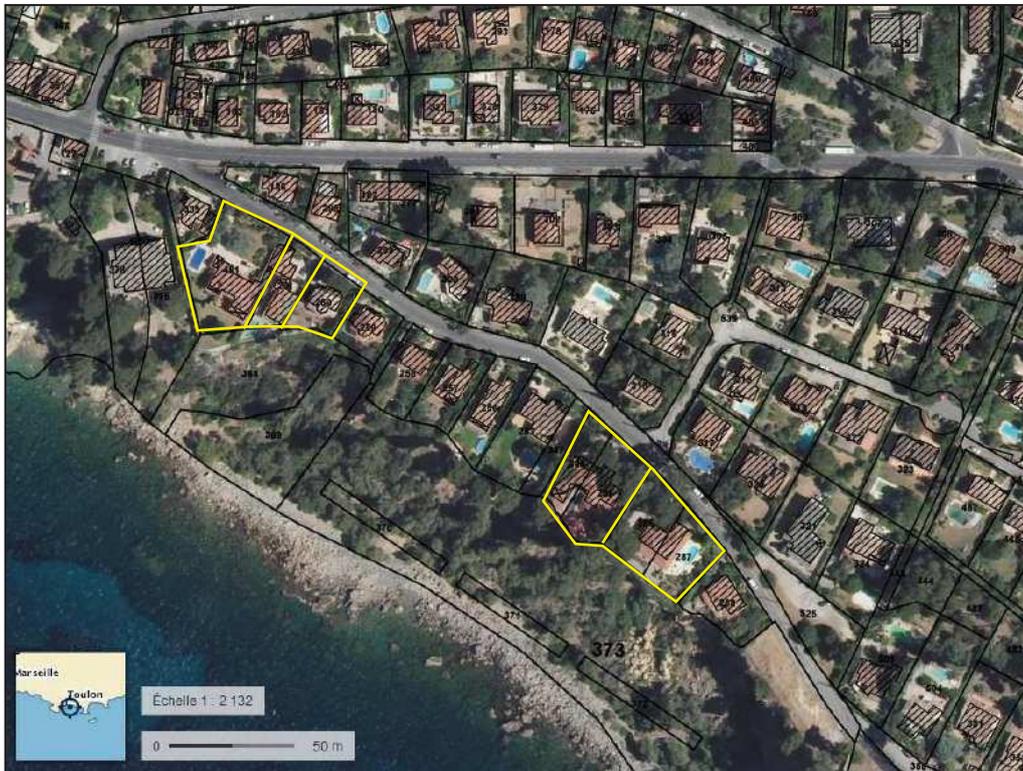


Figure 2 : Localisation des parcelles sur une vue aérienne

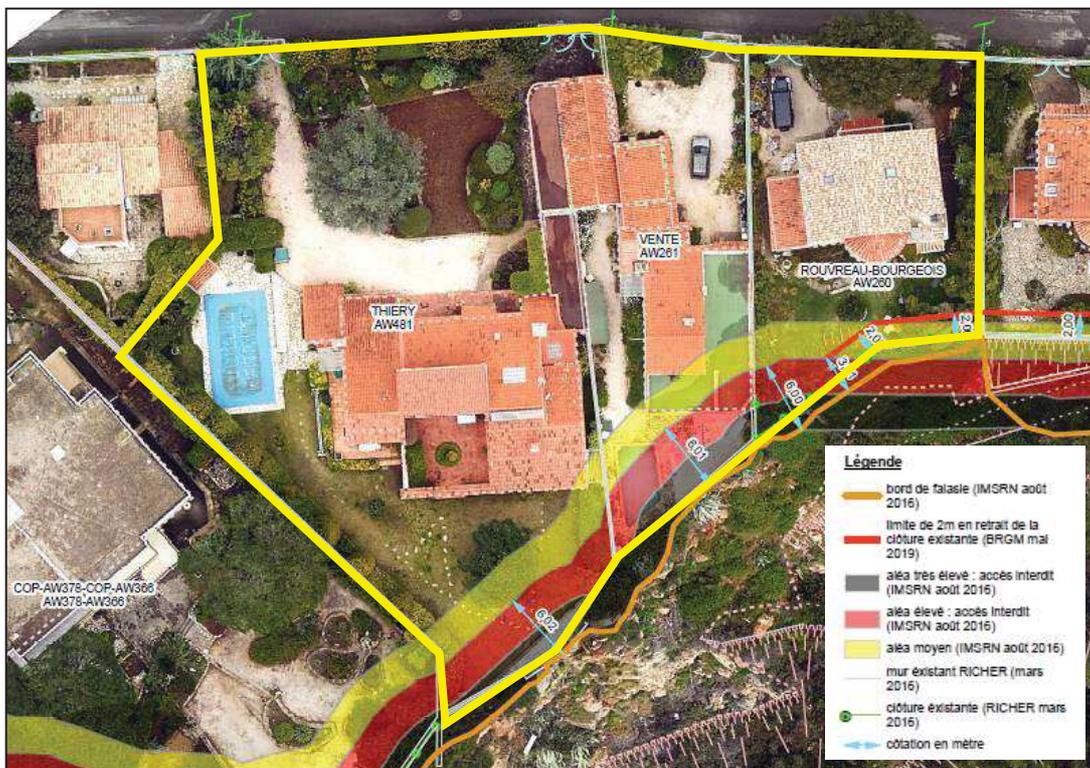


Figure 3 : Extrait de la carte d'aléa IMSRN (août 2016) validée par le BRGM pour les parcelles AW 481 (THIERY), AW 261 (VENTE), AW 260 (ROUVREAU/BOURGEOIS)



Figure 4 : Extrait de la carte d'aléa BRGM (mai 2019) pour les parcelles AW 348-285 (ARION) et AW 286-287 (PONSOT)

1.2. Documents de référence

Les documents consultés dans le cadre de l'étude sont les suivants :

N°	Auteur/date /références	Titre du document
1	Ministère de l'éducation Nationale – 5 juillet 1935	Terrain du lotissement Terre Promise - Arrêté de classement Site inscrit
2	BRGM 76 SGN 299 PRC - juillet 1976	Falaise Sainte Marguerite – La Garde – Etude de stabilité et définition des travaux de confortement et de protection
3	CEGE - 30 septembre 2002	Commune de la Garde – Falaise de la Terre Promise – Mise en sécurité de la plage de Massacan
4	ANTEA - Mars 2006 – Rapport N°A38495 version B –	Falaise de Massacan La Garde – Maitrise d'œuvre des travaux de protection de la plage et l'accès piétonnier – Etude d'avant-projet
5	AUDE - Septembre 2008	Travaux de mise en sécurité de la falaise et de la plage de Massacan avec réhabilitation de l'accès piétonnier et aménagement de la plateforme – Etude d'impact
6	LRPC – juin 2010	Commune de la Garde - Sentier littoral – Centre d'Hémodialyse Sainte Marguerite – Evaluation de l'aléa chutes de blocs

N°	Auteur/date /références	Titre du document
7	ANTEA GROUP – Rapport N°67242/A – Juillet 2012	Rapport de diagnostic et AVP géotechnique
8	IMS RN – Référence N°2015/L1/83/1906 indice 1 du 31/08/2016	Etude géologique et géotechnique Falaise de Massacan à La Garde - Rapport de mission géotechnique G5
9	IMS RN – Référence N°2015/L1/83/1906 indice 1 du 24/11/2016	Sécurisation des parcelles vis-à-vis du risque d’effondrement - Rapport de mission géotechnique G2 PRO
10	BRGM/RP-66447-FR de Décembre 2016	Expertise du dossier « falaise de Massacan »
11	BRGM 22 mai 2017	Note complémentaire au rapport BRGM RP-66447-FR
12	BRGM/RP-68796-FR de Mai 2019	Hiérarchisation de l’aléa rocheux – Site de Massacan à La Garde (83) – Rapport Final –
13	BRGM - Courrier du 17 septembre 2019	Compléments techniques au rapport BRGM RP-66447-FR
14	ANTEAGROUP- Novembre 2019 - Rapport A101902	Falaise de de Massacan – confortement de la falaise au droit des propriétés ARION, PONSOT et VENTE - Mission de diagnostic géotechnique G5 – Ville de la Garde (83)
15	ECOMED 2019	Diagnostic écologique du projet de sécurisation des falaises de la plage de Massacan – Ville de la Garde
16	Suivi topographique et photographique réalisé le 08 février 2019 – IMSRN	Suivi du recul de la falaise de Massacan – CR n°9
17	Suivi topographique et photographique réalisé le 18 juillet 2019 – IMSRN	Suivi du recul de la falaise de Massacan – CR n°12
18	Suivi topographique et photographique réalisé le 16 janvier 2020 – GINGER CEBTP	Suivi du recul de la falaise de Massacan – CR n°14
19	SINTEGRA Réf 13667 05/02/2020	MASSACAN – Lever LIDAR et orthophotoplan

2. Le projet dans son contexte

2.1. Objectif du projet

Le projet consiste en priorité à sécuriser les parcelles identifiées par les études antérieures du BRGM et IMSRN comme les plus menacées vis-à-vis des risques d'éboulement majeur. De tels événements sont susceptibles d'affecter les enjeux (habitations, terrasses, piscines) situés en tête de falaise. Pour la Mairie de la Garde, la sécurisation de la plage de Massacan, actuellement interdite au public en raison des risques d'éboulement, ne constitue pas un objectif prioritaire.

2.2. Description de la zone d'étude

La falaise de Massacan s'étend sur une longueur de 350 m pour une hauteur variant entre quelques mètres et 50 m. Sa direction moyenne est le N130. Elle a fait l'objet d'une exploitation au 19^{ème} siècle pour la construction du port de Toulon.

Côté Ouest, la zone à conforter se situe dans une sorte de concavité de 60 m de largeur avec la présence de fronts/talus rocheux irréguliers d'une hauteur variant de 5 à 30 m s'amenuisant progressivement d'Ouest en Est. Une partie de ces fronts est recouverte de végétation dense, en particulier sous la parcelle AW 260. Le chemin d'accès à la plage actuellement fermé, évolue au pied de ces fronts au sein d'un éboulis rocheux instable.

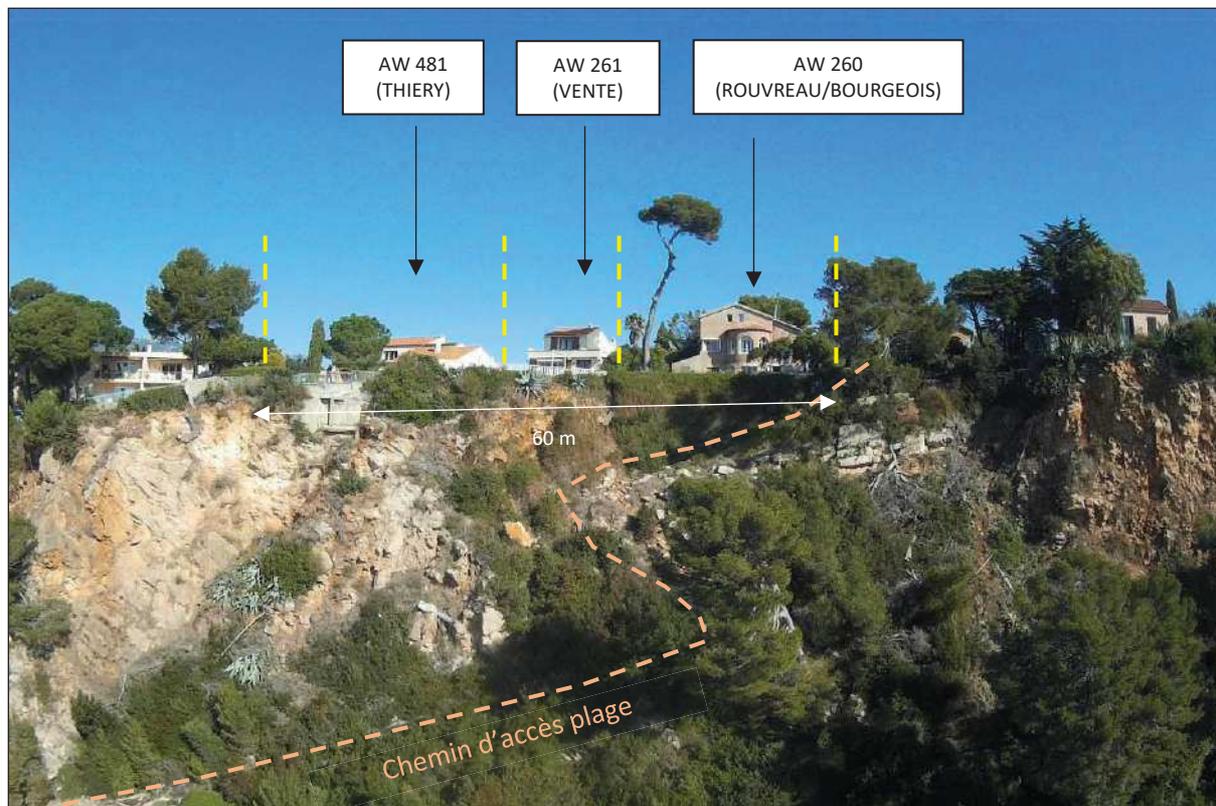


Figure 5 : Vue panoramique de la falaise côté Ouest sous les propriétés THIERY, VENTE et ROUVREAU/BOURGEOIS

Côté Est, il s'agit d'un secteur de falaise plus homogène constituée d'une falaise verticale de 30 à 40 m puis d'un talus rocheux/éboueux plus ou moins stable en partie basse. Les largeurs de falaise à

conforter sont respectivement de 35 m sous les parcelles AW348-285 et de 38 m sous les parcelles AW286-287.



Figure 6 : Vue panoramique de la falaise, côté Est, sous les propriétés ARION et PONSOT

2.3. Contexte géologique

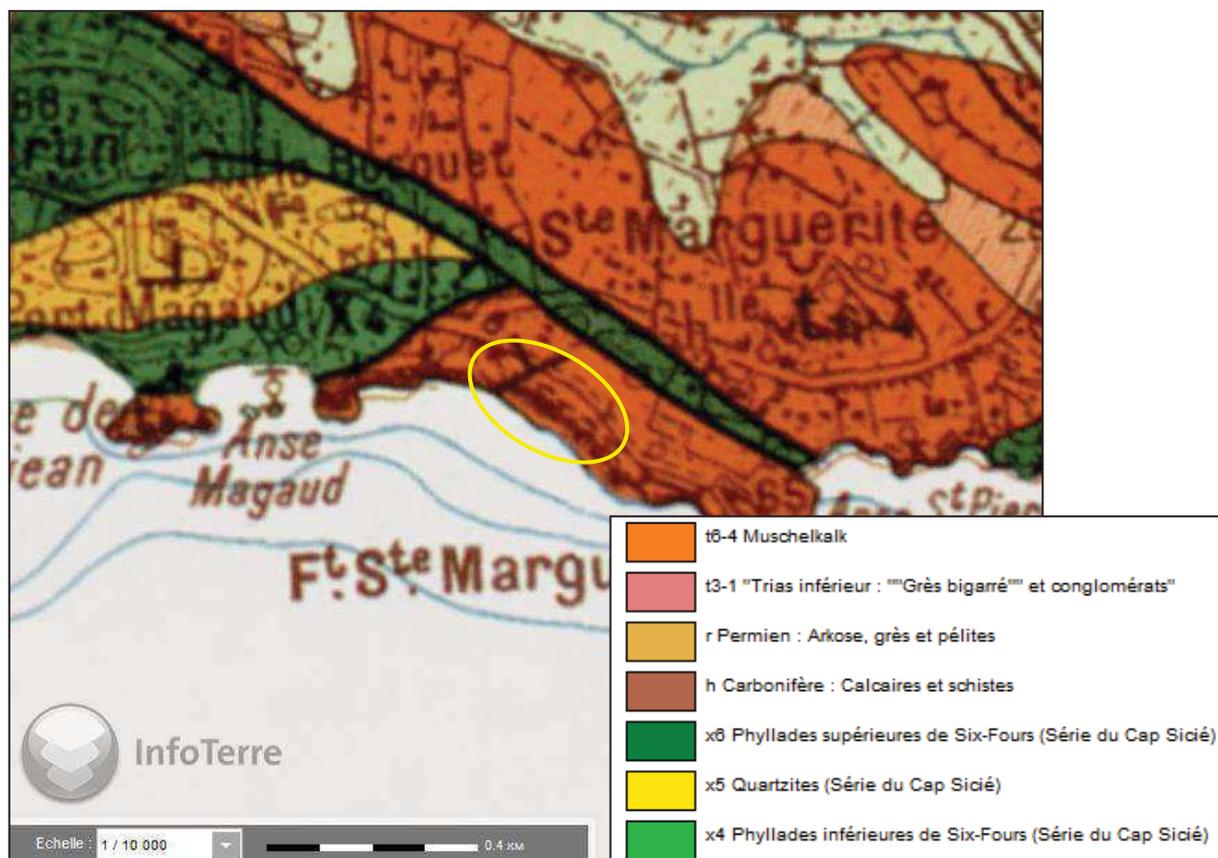


Figure 7 : Extrait de la carte géologique à 1/50 000 de Toulon

D'après la carte géologique à 1/50 000 de Toulon, La falaise de Massacan est constituée de formations du Trias moyen (t6-4 Muschelkalk) avec deux types de lithologies :

- A la base : des calcaires et des dolomies ;
- Au sommet : des cargneules et des calcaires de nature bréchique.

Les calcaires et dolomies sont globalement massifs au contraire des brèches et cargneules dont les propriétés mécaniques sont plus faibles et peuvent parfois présenter un aspect extrêmement friable.

Le pendage des formations (**S0** : N 100-120/50-60 NE) est globalement rentrant dans le terrain : ce sont surtout les calcaires et dolomies qui présentent une stratification marquée, à l'inverse des cargneules et des brèches du sommet dont le pendage est fruste, voire invisible.

A l'échelle régionale, les formations du Muschelkalk sont en contact anormal avec les phyllades du Cap Sicié (formations x4 et x6). On remarque que le contact s'effectue par le biais d'accidents géologiques peu ou prou parallèles à la falaise de Massacan (N130) ainsi que selon la direction moyenne N45.

2.4. Contexte structural

La falaise est affectée par plusieurs familles de discontinuités dont les principales sont :

- **S0** : En moyenne N 100-125/35 à 50-60 NE correspondant au plan de schistosité de la falaise qui est globalement rentrant dans la falaise. On peut remarquer que, dans la partie inférieure des talus, le pendage des couches diminue pour atteindre 20 NE ; cette diminution du pendage traduit un phénomène de déstabilisation de certains compartiments rocheux affaissés/disloqués par effet de fauchage des couches. Ce litage est bien exprimé dans les calcaires et dolomies présentes à la base de la falaise où il présente une fréquence métrique mais celui est fruste dans les cargneules et calcaires bréchiques présents au sommet. L'orientation du pendage est globalement favorable à la stabilité en grand mais il engendre aussi quelques surplombs dont la stabilité peut s'avérer précaire.
- **F1** : N90-110/50-70 SW qui forme de grands plans aval ; l'un de ces plans est à l'origine de l'éboulement de 2014 sous la propriété BINON. La fréquence de ces plans reste toutefois aléatoire. Leur extension est de quelques mètres, exceptionnellement 10 m comme c'est le cas du « glissoir » de l'éboulement de 2014.
- **F2** : N130 à N145 sub-vertical, proche de la direction de pendage, qui se combine très bien avec F1 et peut également produire des ruptures de surplombs. Cette famille peut engendrer la présence de crevasses comme celle bien visible sous le CROSSMED. Une crevasse de 30 cm de largeur est par ailleurs présente dans la falaise entre les parcelles AW 261 et AW481 ;
- **F3/4** : Des plans N10 à N50 à pendages sub-verticaux ou orientés vers l'ouest. Ces plans sont peu ou prou orthogonaux à la direction moyenne de la falaise. Ces plans sont à l'origine de décrochements dans la falaise. En première approche, il semble que deux accidents de cette famille matérialisent les extrémités Est et Ouest de la zone d'éboulis (zone fauchée) dans laquelle a été construit l'escalier d'accès. Ces plans sont conformes à l'une des directions régionales de fracturation.

Ce sont principalement les familles de discontinuités F1 et F2 qui sont à l'origine des instabilités constatées sur la falaise de Massacan.

2.5. Mouvements de terrain historiques /désordres constatés

2.5.1. Mouvements anciens

Le secteur Ouest à conforter sous les propriétés THIERY, VENTE et ROUVREAU/BOURGEOIS est le lieu d'un tassement/écroulement ancien matérialisé par la présence d'un chaos de blocs épars descendant jusqu'à l'éstran dans lequel a été établi le chemin d'accès à la plage de Massacan. Les fronts rocheux sous ces propriétés constituent en quelque sorte la limite amont de ce phénomène même si des indices de régression sont visibles au droit de la propriété VENTE et dans une moindre mesure au droit de la propriété ROUVREAU/PONSOT (cf. paragraphe suivant). La genèse de cette instabilité, lente et très ancienne, trouve probablement son origine dans l'intense tectonisation et la karstification de ce secteur qui a favorisé dans le temps un phénomène de fauchage des couches. A noter que cette instabilité lente est encadrée par deux accidents (N42 et N23) de la famille F3/F4. On peut par ailleurs remarquer que la majorité des fissures observées dans la propriété VENTE sont orientées selon la direction du pendage S0 (# N125), ce qui accrédite le phénomène envisagé (Cf.fig.9 et fig.25).

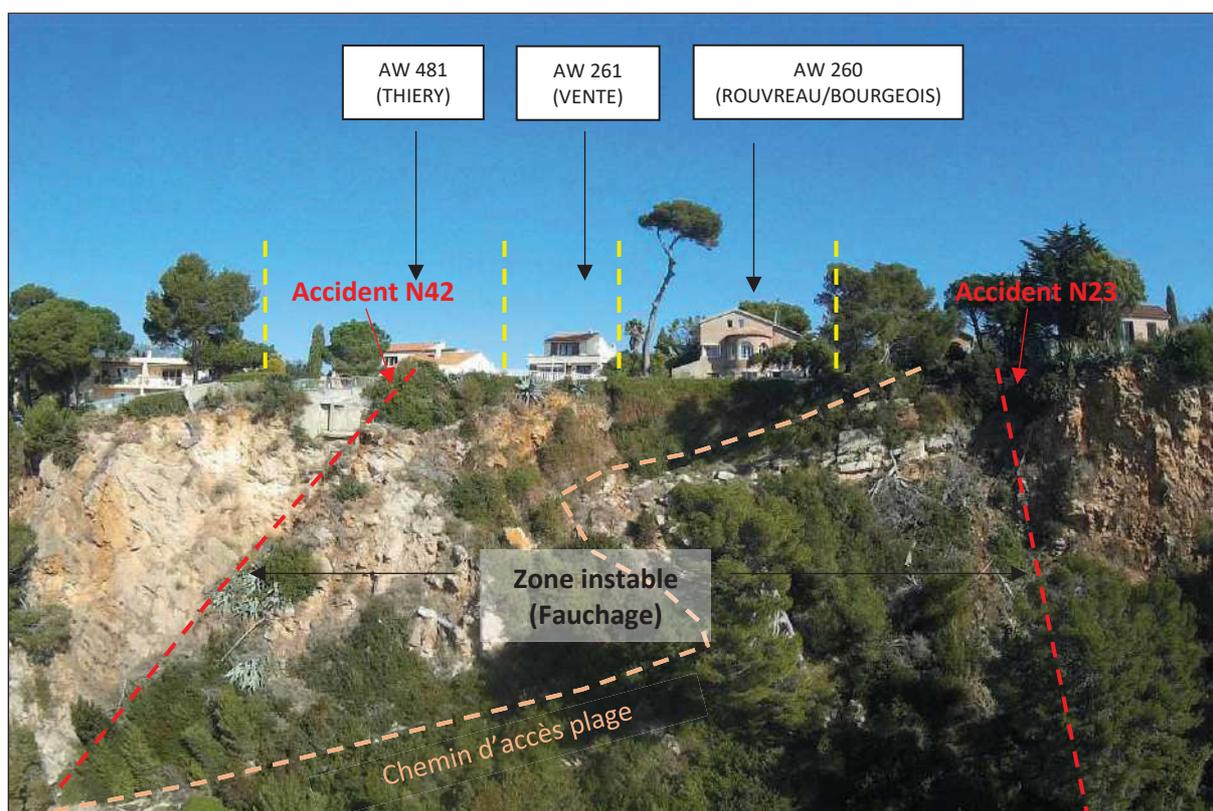


Figure 8 : Interprétation tectonique de la zone instable sous les propriétés THIERY, VENTE et ROUVREAU/BOURGEOIS

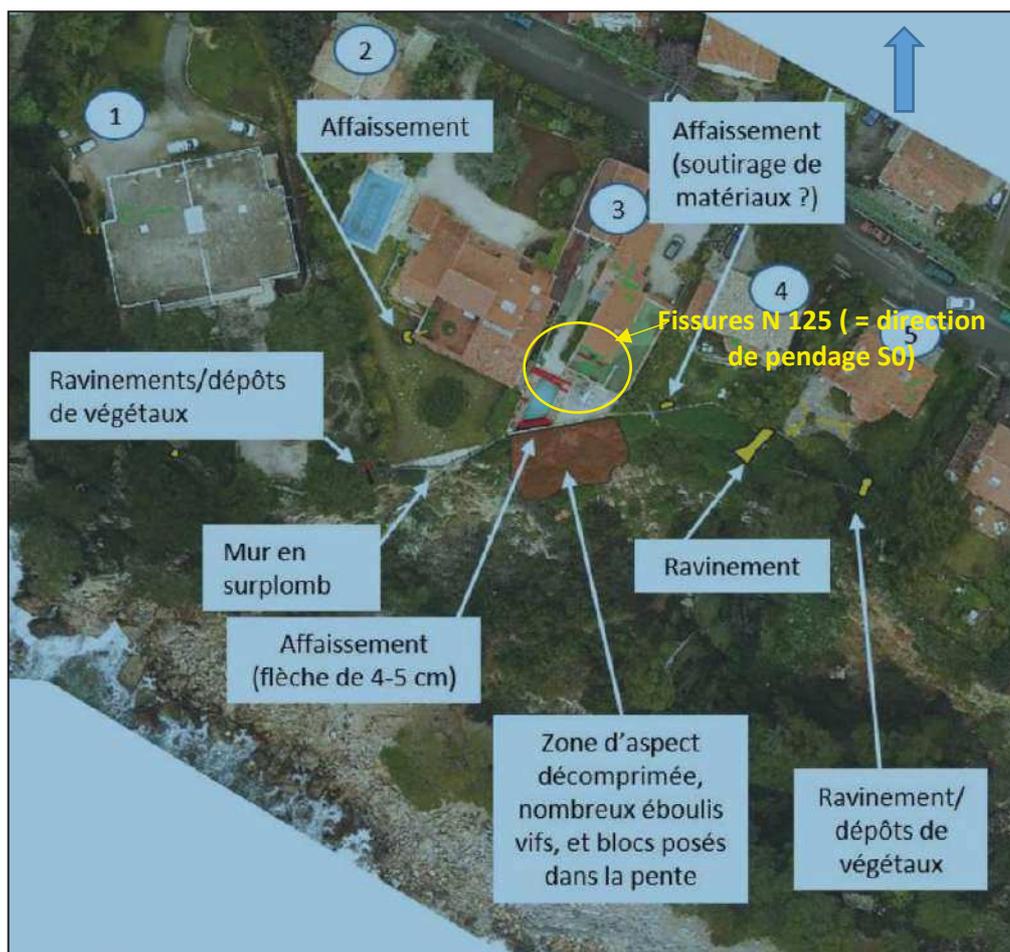


Figure 9 : Extrait de la carte d'observations du BRGM avec interprétation des directions de fissures observées dans la propriété VENTE au-dessus de la zone instable

2.5.2. Mouvements de terrain récents

Des chutes de roches de plusieurs mètres cubes se sont produites entre 1970 et 1980 notamment au droit du chemin d'accès et ont conduit la Mairie de La Garde à condamner l'accès à la plage.

Le 10 décembre 2014, un éboulement de 500 m³ de roche s'est produit sous la parcelle AW 288 (propriété BINON) entraînant l'évacuation de la propriété. L'éboulement est dû à la combinaison de fractures : plan N110/70 SW relayé à l'arrière par un plan subvertical parallèle à la falaise. Les images d'archives montrent que le compartiment avait un aspect surplombant et proéminent et qu'il était bien découpé latéralement par le réseau de fractures. Sa rupture était estimée possible à court terme (Cf. Rapport ANTEA 67242/A en 2012)

2.5.3. Réseau de suivi

Depuis février 2018, la commune de la Garde a engagé un suivi de l'évolution de la falaise par le biais de diverses méthodes (Suivi par IMSRN/GINGER) :

- Suivi topographique par l'intermédiaire de cibles implantées en falaise,

- Suivi photographique,
- Suivi par télédétection laser (LIDAR),
- Suivi des fissures par l'intermédiaire de 5 jauges SAUGNAC sur la parcelle AW 261 (VENTE).

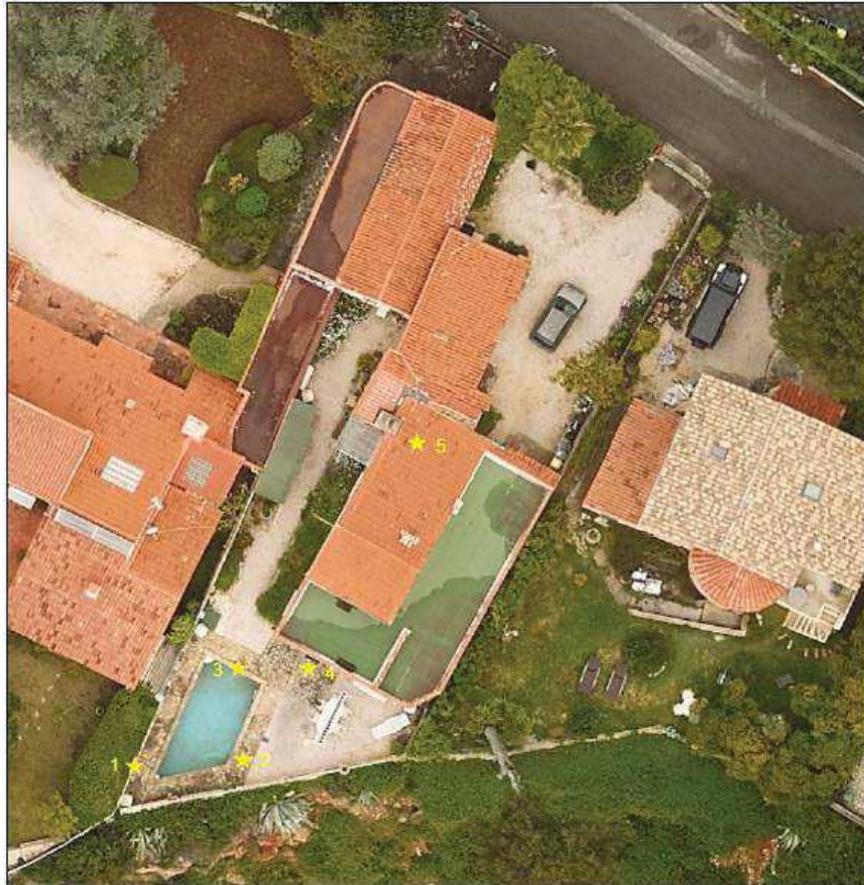


Figure 10 : Positionnement des jauges SAUGNAC sur la parcelle AW 261 (d'après GINGER)

Sans rentrer dans le détail des résultats, le suivi mis en œuvre ne permet pas à ce stade de déceler de déplacement révélateur d'un mouvement en masse au droit et sous les parcelles concernées. Ces résultats montrent que si les déplacements de la masse fauchée sous les propriétés AW 481, AW 261 et AW 260 sont toujours d'actualité, ceux-ci sont très lents et progressifs.

2.6. Contexte hydrogéologique

D'un point de vue hydrogéologique, les fronts rocheux/talus d'éboulis ne montrent pas de venues d'eau significatives (visite en juin 2020). Cette situation s'explique par le caractère globalement perméable des formations et le pendage amont a priori défavorable à l'écoulement des eaux vers la falaise. Des écoulements ponctuels sont cependant possibles pendant les épisodes de précipitations intenses ainsi qu'à l'interface des zones rocheuses et des zones plus argileuses (bancs ou crevasses argilisées).

2.7. Contexte sismique

D'après les décrets d'octobre 2010 n°1254 et n°1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, la commune de la Garde est située en zone d'aléa faible : les aménagements envisagés sont situés en zone sismique 2.

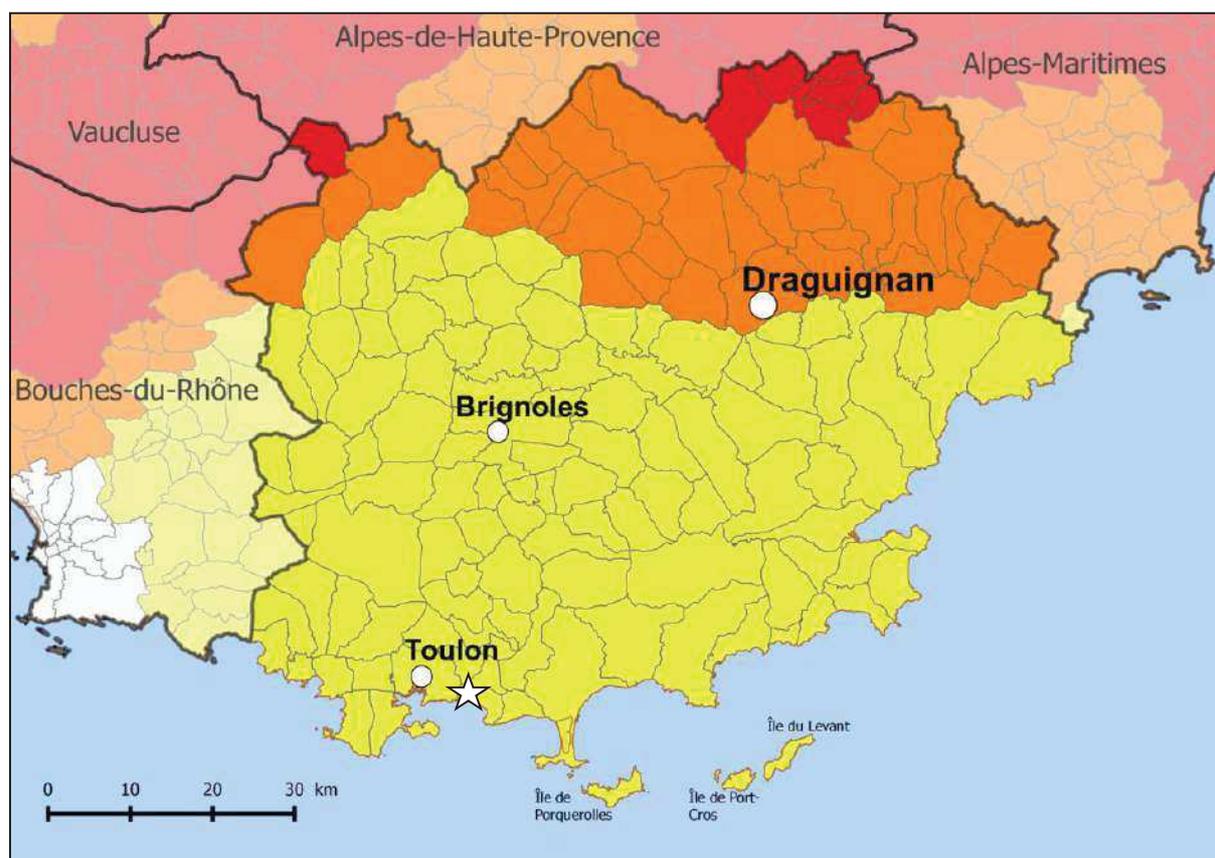


Figure 11 : Carte de l'aléa sismique du département du Var

D'après l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicable aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », les confortements visent à protéger des bâtiments d'habitation individuelle de catégorie d'importance II.

Dans ce contexte, aucune accélération de calcul a_g n'est à prendre compte pour un sol de type rocheux.

2.8. Contexte environnemental

D'un point de vue environnemental, le site fait partie intégrante du site inscrit des terrains du lotissement de Terre Promise à la Garde.

Il fait également partie de l'aire d'adhésion du Parc national de Port Cros.

Compte tenu de la présence de certaines espèces cibles (Cf rapport ECOMED), les travaux devront se dérouler de préférence sur la période allant du mois de septembre au mois de janvier (inclus).

3. Evaluation des aléas par zones

3.1. Aléa rocheux – Définition

3.1.1. Classes d'instabilité

Les différentes classes d'instabilité sont définies par leur volume.

Classe	Volume
Chute de pierres	Quelques dm ³
Chute de blocs	De quelques dm ³ à quelques dizaines de m ³
Eboulement en masse	Supérieur à une centaine de m ³
Eboulement en grande masse	Supérieur à la centaine de milliers de m ³

3.1.2. Aléa de rupture

L'aléa se caractérise par une probabilité de rupture (ou d'occurrence) et un délai de survenance d'un phénomène donné.

❖ Probabilité de rupture (ou d'occurrence) = probabilité pour qu'un phénomène se produise.

Probabilité d'occurrence	Description
Très élevée	L'occurrence du phénomène paraît évidente. Sa non-occurrence serait exceptionnelle
Elevée	L'occurrence du phénomène semble plus probable que sa non-occurrence
Modérée	La probabilité d'occurrence est égale à la non-occurrence
Faible	La non-occurrence est la plus probable
Très faible	La non-occurrence du phénomène paraît évidente. L'occurrence serait exceptionnelle

❖ Le délai

Délai	Description
Imminent	Quelques heures à quelques mois
Très court terme	Environ 2 ans
Court terme	5 -10 ans
Moyen terme	20-50 ans
Long terme	100 ans ou plus

❖ L'aléa de rupture

		Probabilité d'occurrence				
		Très faible	Faible	Modéré	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

3.1.3. Aléa « atteinte des enjeux existants »

	La probabilité d'atteinte de l'enjeu est quasi nulle	L'enjeu est atteint exceptionnellement	La probabilité d'atteinte de l'enjeu est plus forte que la non atteinte	La non-atteinte de l'enjeu serait exceptionnelle
Aléa « atteinte »	Très faible à nul	Faible	Moyen	Fort

3.1.4. Risque rocheux

		Aléa de rupture			
		Faible	Moyen	Fort	Très fort
Aléa « atteinte »	Très faible à nul	Très faible à nul	Très faible à nul	Faible	Faible
	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen
	Moyen	Faible	Moyen	Fort	Fort
	Fort	Moyen	Moyen	Fort	Très fort

3.2. Observations par zones

3.2.1. Parcelle AW 481

La falaise sous la parcelle AW 481 est constituée de calcaires cargneulés ocre-beige à pendage amont (55° en tête de falaise). Sa hauteur totale est de l'ordre d'une trentaine de mètres pour une largeur de 20 m. D'un point de vue morphologique, la partie supérieure, raide, haute d'une douzaine de mètres laisse apparaître des bancs massifs assez compacts mais pouvant localement présenter des aspects surplombants et des concavités dus à des phénomènes de recul ou d'érosion différentiel. La partie inférieure, progressivement moins raide, est constituée de compartiments rocheux affaissés (pendage

à 20°) par un phénomène de fauchage. En partie basse, la falaise devient un talus d'éboulis recouvert de végétation.

A noter que la crête de falaise connaît régulièrement des phénomènes de recul :

- 1 mur de mitoyenneté avec la parcelle voisine AW366 emporté.
- Eboulement du front sur quelques mètres obligeant le propriétaire à mettre en place un mur de soutènement dans une concavité ; le mur est armé, fondé sur une longrine horizontale en position de porte à faux et pourvu d'un poteau vertical pour la reprise des efforts d'une deuxième longrine. L'ouvrage présente des signes de dégradations mineurs : épaufrures sur le béton, fissuration sur le poteau vertical. La partie en parpaings est ferrillée mais ne semble pas faire en tout point effet soutènement sur la falaise (mauvais placage ou érosion derrière le mur)

Dans la partie « fauchée » qui remonte vers la tête de falaise en direction de la parcelle AW261, on remarque l'existence d'une zone décomprimée (caché par la végétation). Cette anomalie de relief domine un compartiment instable de 30/40m³.



Figure 12 : Falaise sous la parcelle AW 481 - observations générales

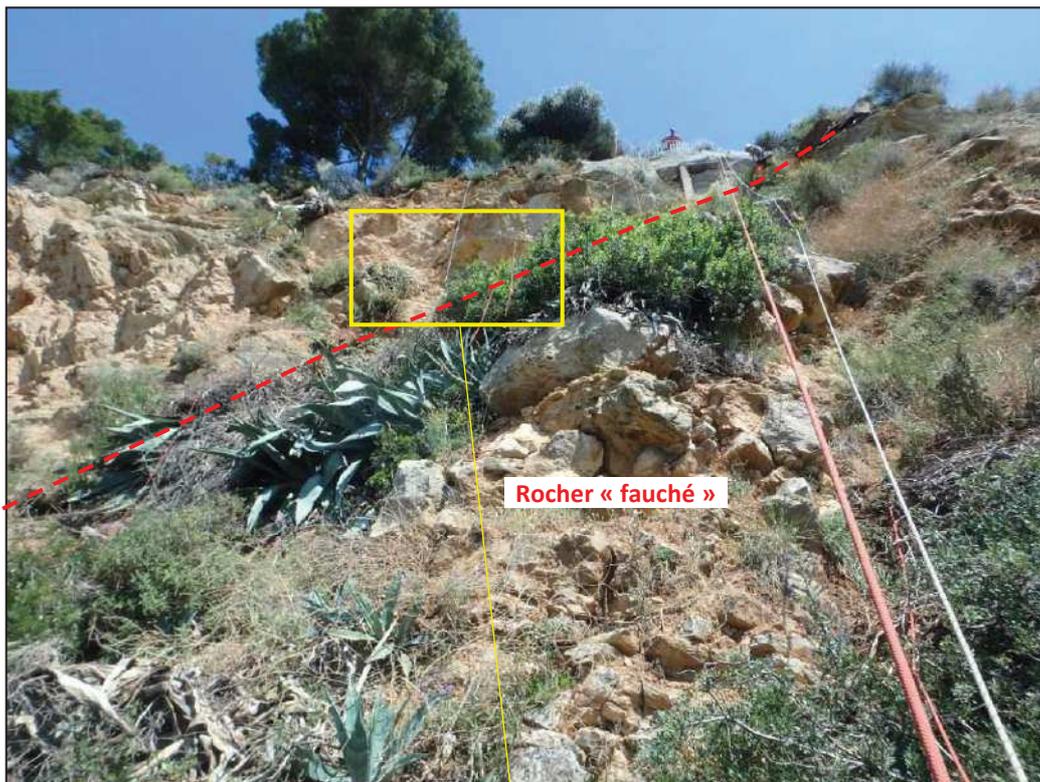


Figure 13 : Falaise sous la parcelle AW 481 – vue rapprochée



Figure 14 : Falaise sous la parcelle AW 481 – emprise de départ de bloc « récente »



Figure 15 : Falaise sous la parcelle AW 481 – partie sommitale



Figure 16 : Falaise sous la parcelle AW 481 – zone fauchée à mi pente

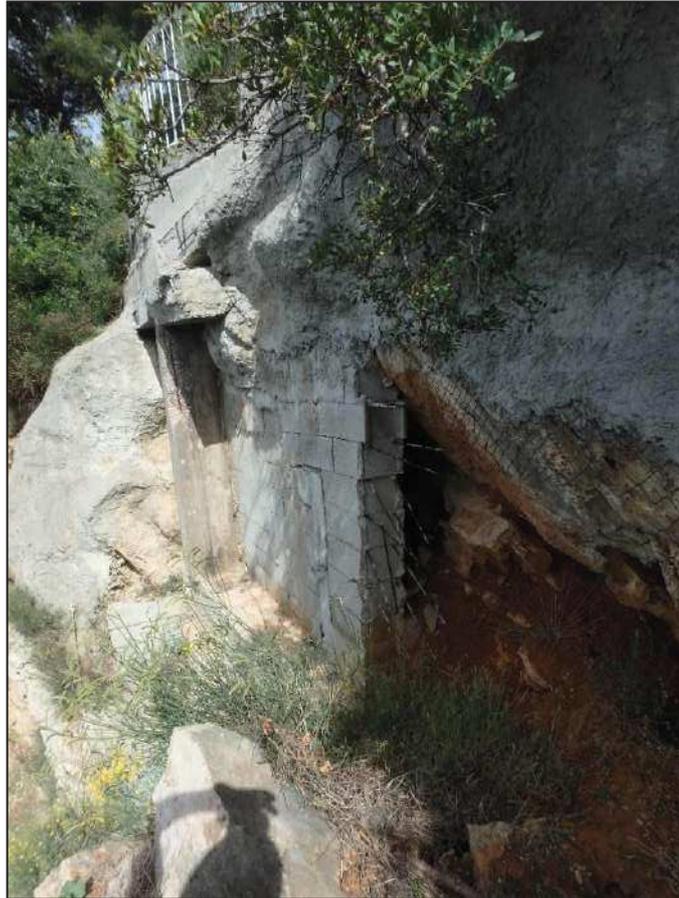


Figure 17 : Falaise sous la parcelle AW 481 – Mur sommital, vue d'ensemble



Figure 18 : Falaise sous la parcelle AW 481 – épaufrures sur mur sommital



Figure 19 : Falaise sous la parcelle AW 481 – épaufrures sur et fissure sur pilier



Figure 20 : Falaise sous la parcelle AW 481 – Situation des secteurs homogènes

Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Probabilité d'occurrence	Délai	Aléa de rupture	Probabilité d'atteinte de l'enjeu (*)	Risque résultant
AW481-1	Chute de blocs (# 10 m ³ de taille unitaire) au sein d'un compartiment rocheux affecté par un plan de fracturation à pendage aval et discontinu en pied (famille F1).	120 m ²	Élevée	Court terme pour les blocs à moyen terme pour l'ensemble du compartiment	Fort	Moyen	Fort
AW481-2	Rupture du mur en agglo ferrailé	L= 6 m ; H = 5 m soit 30 m ²	Élevée	Moyen terme	Moyen	Forte	Fort
AW481-3	Écroulement de la tête de talus déstructurée/fauchée et sous-cavée	20 m ²	Élevée	Court terme	Fort	Forte	Fort
AW481-4	Zone fauchée avec possibilité d'écroulement d'un compartiment rocheux instable # 50 m ³	70 m ²	Élevée	Court terme	Fort	Forte	Fort
AW481-5	Aléa de chute de bloc avec possibilité de déchaussement du mur	30 m ²	Élevée	Moyen terme	Moyen	Forte	Fort

(*) : Terrasse parcelle AW 481

3.2.2. Parcelle AW 261

La falaise sous la parcelle AW 261 est constituée de calcaires cargneulisés ocre à pendage amont (47° en tête de falaise). La couleur ocre signale la présence d'argile de décalcification présente, soit dans les fractures, soit dans les interbanes. Il s'agit d'une zone entièrement fauchée, c'est-à-dire affectée par des mouvements d'affaissement imputables à la flexion des bancs. Si l'on en juge par les fissures présentes sur la terrasse de la propriété VENTE, il semble que le phénomène affecte la bordure sommitale du plateau sur une épaisseur en biseau comprise entre 10 m en partie Ouest et 6 m en partie Est. Cette dissymétrie s'explique par le fait que l'inflexion se fait par le jeu de réseau de fractures existantes en particulier selon la direction de pendage N125 (Famille S0). Il est très probable que d'autres familles de fracture interviennent notamment la faille bordière ouest N42 (F3/4) de l'instabilité (Cf fig.8) et la famille F2 représentée par une large fissure subverticale karstifiée de 30 cm de large de direction N 145, présente en tête de talus (Cf. fig.). A noter que, par analogie avec les autres secteurs de la plage de Massacan, la karstification des discontinuités joue vraisemblablement un rôle dans les mouvements observés.

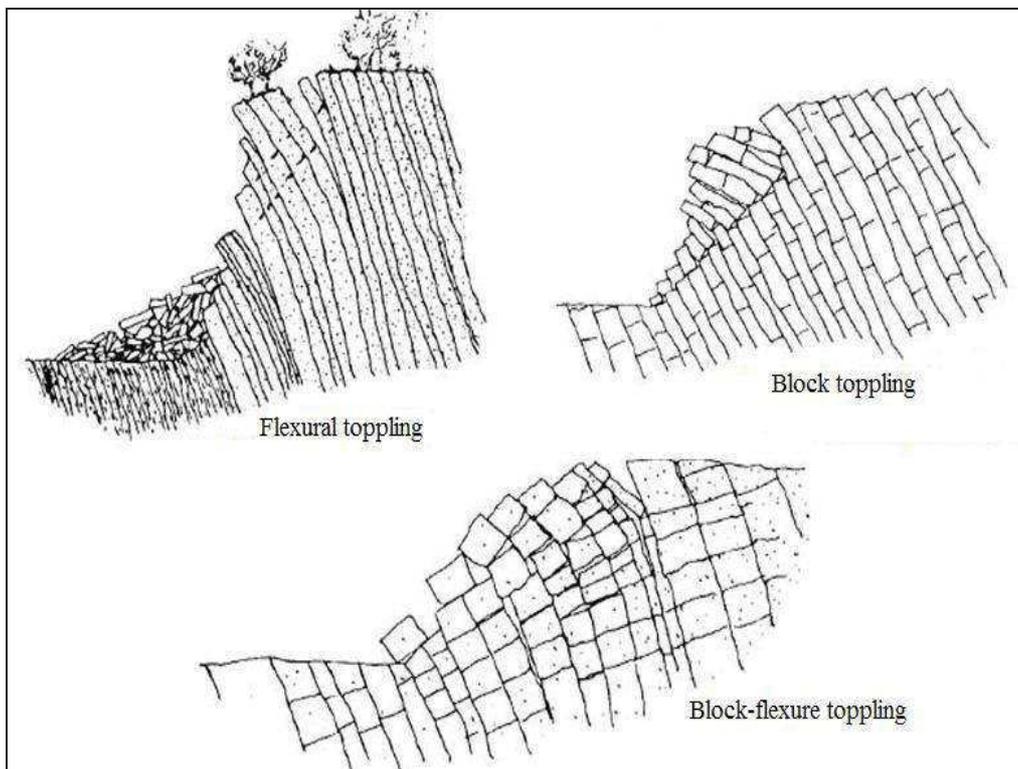


Figure 21 : Les différents types de fauchage (Goodman & Bray, 1976)

Ces mécanismes de déformations lents associés à l'érosion engendrent principalement des risques de chutes de blocs (en particulier des chutes de surplomb) au niveau du talus et en crête. Même si cette probabilité semble faible, on ne peut exclure à terme l'apparition d'un mécanisme de glissement emportant une partie de la terrasse.

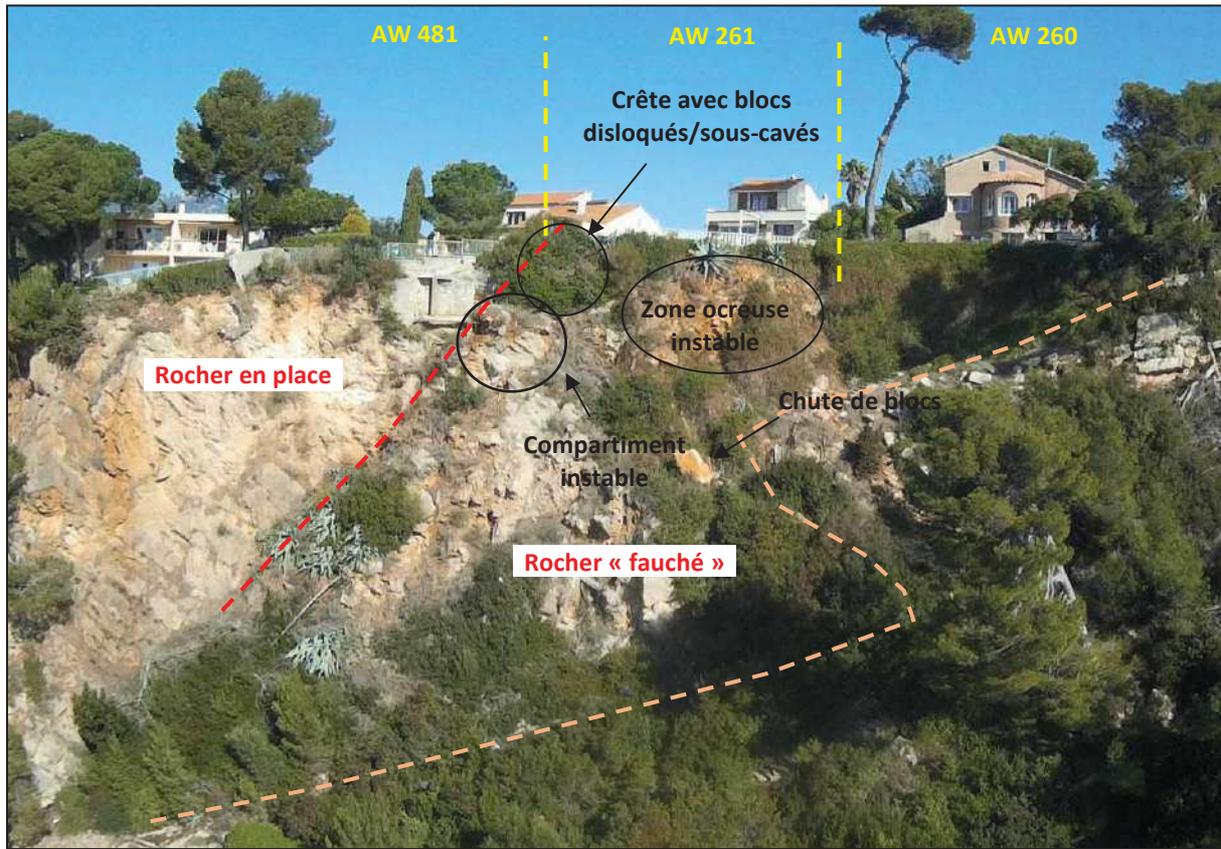


Figure 22 : Falaise sous la parcelle AW 261 - observations générales



Figure 23 : Falaise sous la parcelle AW 261 – crête disloquée instable



Figure 24 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de fracture ouverte de 30 cm



Figure 25 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de banc fracturé



Figure 26 : Falaise sous la parcelle AW 261 – détail de zone ocreuse



Figure 27 : Parcelle AW 261 – fissure



Figure 28 : Parcelle AW 261 – affaissement de la bordure de la terrasse



Figure 29 : Parcelle AW 261 – Localisation des principales fissures au droit de la piscine/comparaison avec les directions des principales discontinuités géologiques visibles par drone

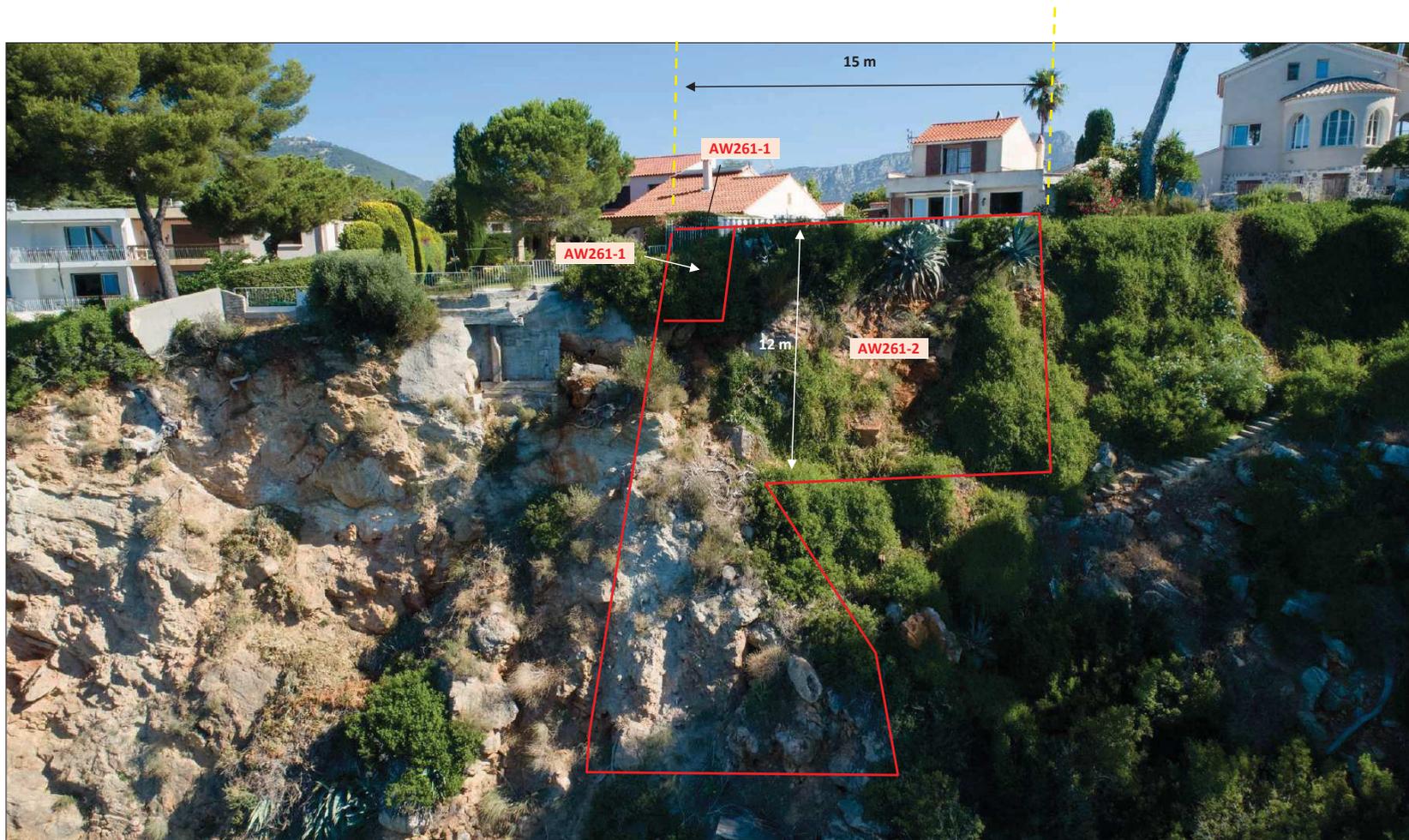


Figure 30 : Falaise sous la parcelle AW 261 – Situation des secteurs homogènes

Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Probabilité d'occurrence	Délai	Aléa de rupture	Probabilité d'atteinte de l'enjeu (*)	Risque résultant
AW261-1	Eroulement de la tête de talus déstructurée/fauchée et sous cavée	20 m ²	Elevée	Court terme	Fort	Forte	Fort
AW261-2	Zone ocreuse instable fauchée entraînant un risque de chute de bloc isolé et une déstabilisation de la terrasse de la parcelle AW 261	160 m ²	Elevée	Court terme pour la bordure la piscine	Fort	Forte	Fort

(*) : Terrasse/piscine parcelle AW 261

3.2.3. Parcelle AW 260

La parcelle AW260 est bordée par un talus entièrement recouvert de végétation dominant l'escalier d'accès. La hauteur de ce talus est comprise entre 5 et 12 m d'Est en Ouest.

La réalisation d'un layon a permis de mettre en évidence des calcaires ocreux cargneulés à pendage amont. En l'état, et sous réserve de l'enlèvement complet de la végétation, le risque de chutes de pierres/blocs, semble faible car le talus est morphologiquement homogène (pas de zones en porte à faux). La bordure de la terrasse semble toutefois concernée par un phénomène de fauchage en particulier en partie ouest contigüe avec la parcelle AW261 (léger affaissement de la bordure de la terrasse).



Figure 31 : talus sous la parcelle AW 260 – vue générale



Figure 32 : Falaise sous la parcelle AW 261 – aspect du talus sous la végétation



Figure 33 : Parcelle AW 261 – zone légèrement affaissée



Figure 34 : Talus sous la parcelle AW 260 – Situation des secteurs homogènes

Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Probabilité d'occurrence	Délai	Aléa de rupture	Probabilité d'atteinte de l'enjeu (*)	Risque résultant
AW260-1	Rupture crête de talus végétalisé (Actuellement existence d'un léger affaissement en crête potentiellement dû à un phénomène de fauchage)	130 m ²	Modérée	Moyen terme	Moyen	Forte	Moyen
AW260-2	Rupture crête de talus végétalisé sans affaissement visible en crête	50 m ²	Faible	Moyen terme	Faible	Faible	Faible
AW260-1 + AW260-2	Chute de pierres/petits blocs (talus actuel recouvert de végétation)	180 m ²	Faible	Moyen terme	Faible	Faible	Faible

(*) : Terrasse parcelle AW 260

3.2.4. Parcelle AW 348-285

Au droit de la parcelle AW 348-285, la crête de falaise est située à la cote 47 m NGF.

Sur environ 15 m d'épaisseur, la partie supérieure de la paroi est sub-verticale avec des passages déversants. Au niveau de la crête de falaise, sur une section large d'environ 10 m, la terrasse de Mr ARION s'avance jusqu'à un éperon bréchique fracturé et friable en surplomb par rapport au reste de la paroi. Certains blocs rocheux plus compétents sont noyés dans une matrice crayeuse. Deux pins jouant un rôle défavorable vis-à-vis de la stabilité de la corniche sont enracinés à proximité directe de la crête. Le reste de la partie supérieure de la falaise est constitué de matériaux bréchique gris clair altéré en surface à texture sableuse dont on distingue mal le pendage des couches.

Sur la partie intermédiaire juste au-dessus de la cassure de pente, les calcaires dolomitiques affleurent sur quelques mètres d'épaisseur. La forte densité de fractures dans cette formation a permis de mettre à jour la présence d'un gouffre d'origine probablement karstique. La présence de spéléothèmes témoigne de paléo-circulation d'eau.

Enfin, on constate au sein de ces bancs calcaires à l'aspect chaotique, le décollement par fauchage de compartiments massifs par le biais de fractures plus ou moins ouvertes sub-verticales.

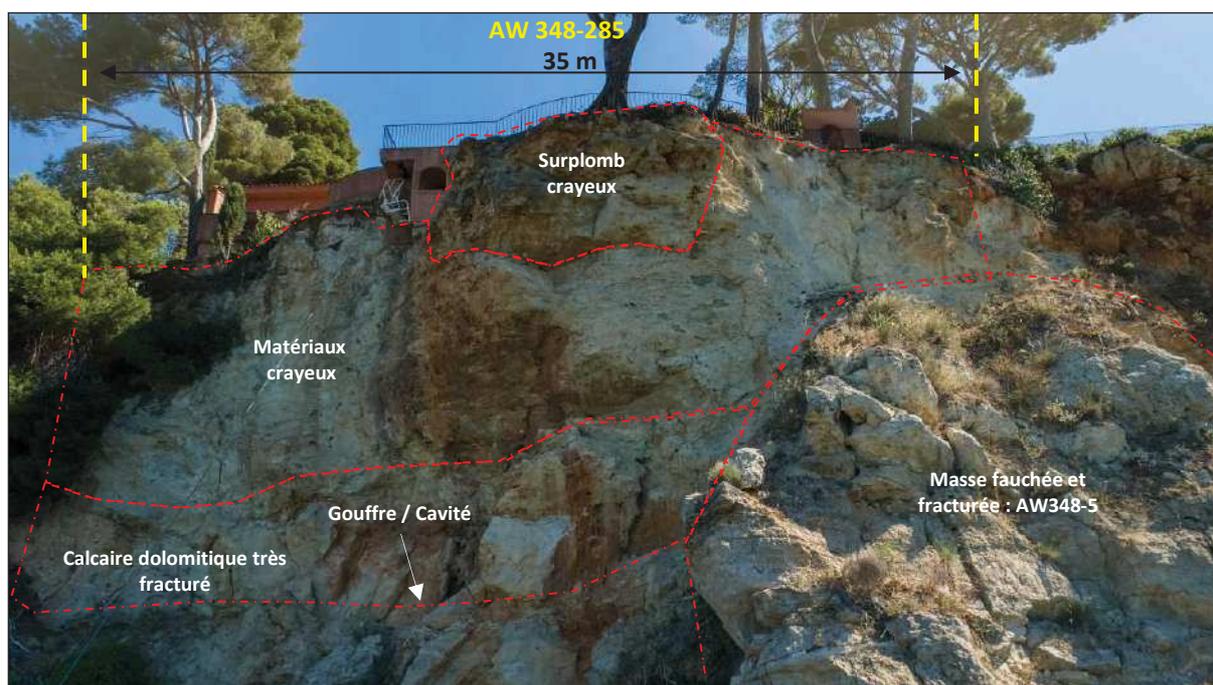


Figure 35 : Falaise sous les parcelles AW 348-285 - Observations en pied de falaise



Figure 36 : Crête de falaise sous les parcelles AW 348-285 - Observations par drone du surplomb bréchuque

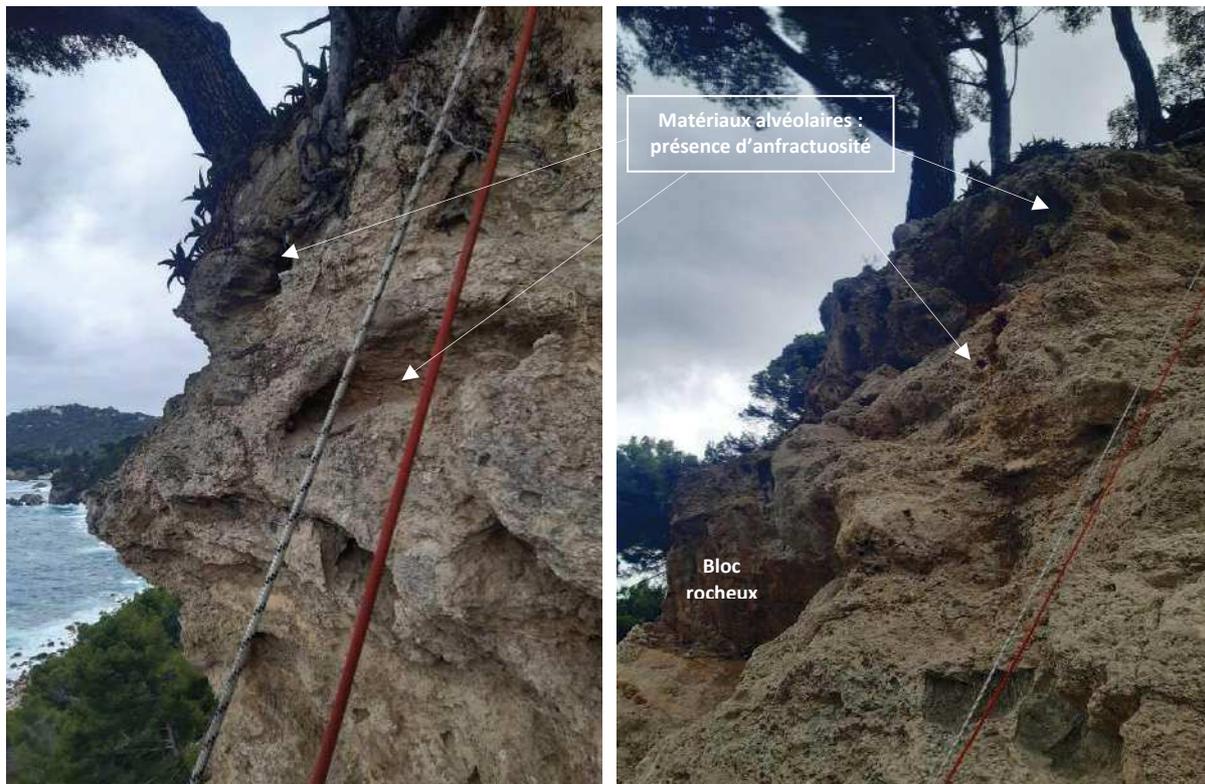


Figure 37 : A gauche : Vue de l'Est de la corniche ; A droite : Vue de la corniche du dessous



Figure 38 : A gauche : Vue du gouffre au sein des calcaires dolomitique ; A droite : décollement d'un compartiment de calcaire dolomitique par fauchage (vue de l'Est)

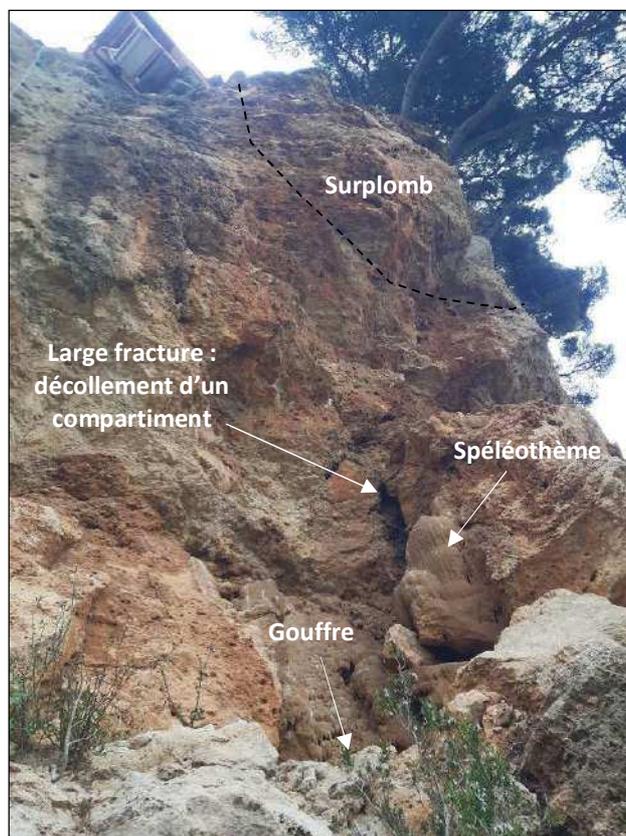


Figure 39 : Observation en pied de falaise

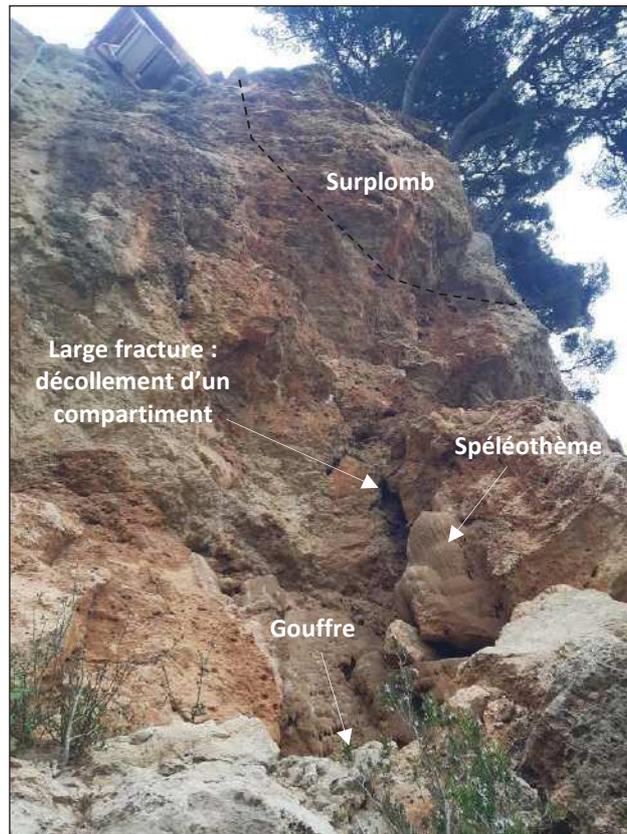


Figure 39 : Observation en pied de falaise



Figure 40 : Identification des plans de fracturation depuis les observations en pied de falaise



Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Probabilité de rupture	Délai	Aléa de rupture	Probabilité d'atteinte de l'enjeu (*)	Risque résultant
AW348-1	Surplomb de calcaire bréchiq	50 m ²	élevée	court à moyen terme	Fort	Forte	Fort
AW348-2	Falaise de calcaire bréchiq très friable avec risque de chutes de pierres/blocs notamment en partie centrale surplombante	350 m ²	élevée	Court terme	Fort	Moyen	Fort
AW348-3	Banc fracturé de calcaire dolomitique	80 m ²	Forte	court terme	Fort	Très faible à nul	Faible
AW348-4	Décollement de compartiment calcaire dolomitique	10 m ²	élevée	court à moyen terme	Fort	Très faible à nul	Faible
AW348-5	Grand compartiment fauché, crevassé et karstifié	200 m ²	élevée	moyen terme	Fort	Très faible à nul	Faible

(*) : Piscine /terrasse parcelle AW 348-285

3.2.5. Parcelle AW 286-287

La falaise sous les parcelles AW286-287 présente une première partie verticale de 25 à 35 m de hauteur suivi d'un talus plus ou moins végétalisé constitué d'éboulis ou de masses disloquées (hauteur totale falaise + talus : 40 à 42 m).

La partie supérieure verticale est constituée :

- De 12 à 15 m de calcaire bréchiq ue d'aspect poudreux, instables, à pendage fruste. Ces calcaires sont localement karstifiés (présence d'argile de décalcification rouge) ;
- puis de 10 à 22 m de calcaires et dolomies plus compacts stratifiés en bancs d'épaisseur métrique à pendage amont (50°).

Dans la partie supérieure bréchiq ue, on peut observer :

- D'une manière générale, la roche est très friable et rend dangereuses les évolutions sur cordes (2 tentatives de descentes avortées par sécurité) ;
- Suite à un éboulement de la crête, le propriétaire des parcelles AW286-287 a fait construire une paroi clouée (dimensions : 4 m x 6 m en ancrages diam. 22 mm profondeur 5 m) ;
- La présence d'un surplomb karstifié très instable en crête (partie Ouest) ;
- La présence d'une crevasse parallèle à la falaise en crête côté Est. Celle-ci rentre de quelques mètres dans le massif mais ne délimite pas de compartiment bien identifiable.

Dans la partie inférieure, on observe des fissures de traction dues au basculement des couches de calcaires et dolomies par phénomène de fauchage (présence de surplombs en partie basse). Ce mécanisme peut affecter toute la couche de calcaires et dolomies jusqu'au contact des brèches en partie supérieure (fig.37 et 38). On peut d'ailleurs remarquer l'existence de fissures de traction au niveau des interbancs dans la zone de contact. En partie basse, on peut observer la présence ponctuelle de plans aval à 60° similaires à ceux ayant provoqué l'éboulement de 2014. En revanche, ces plans sont d'extension limités car ils sont décalés par plusieurs accidents transverses à la falaise (cf. fig. 39) : cette situation couplée l'absence de fissures délimitant un compartiment dans les calcaires bréchiq ues, exclut a priori un scénario de rupture comparable à celui de 2014.



Figure 41 : vue d'ensemble

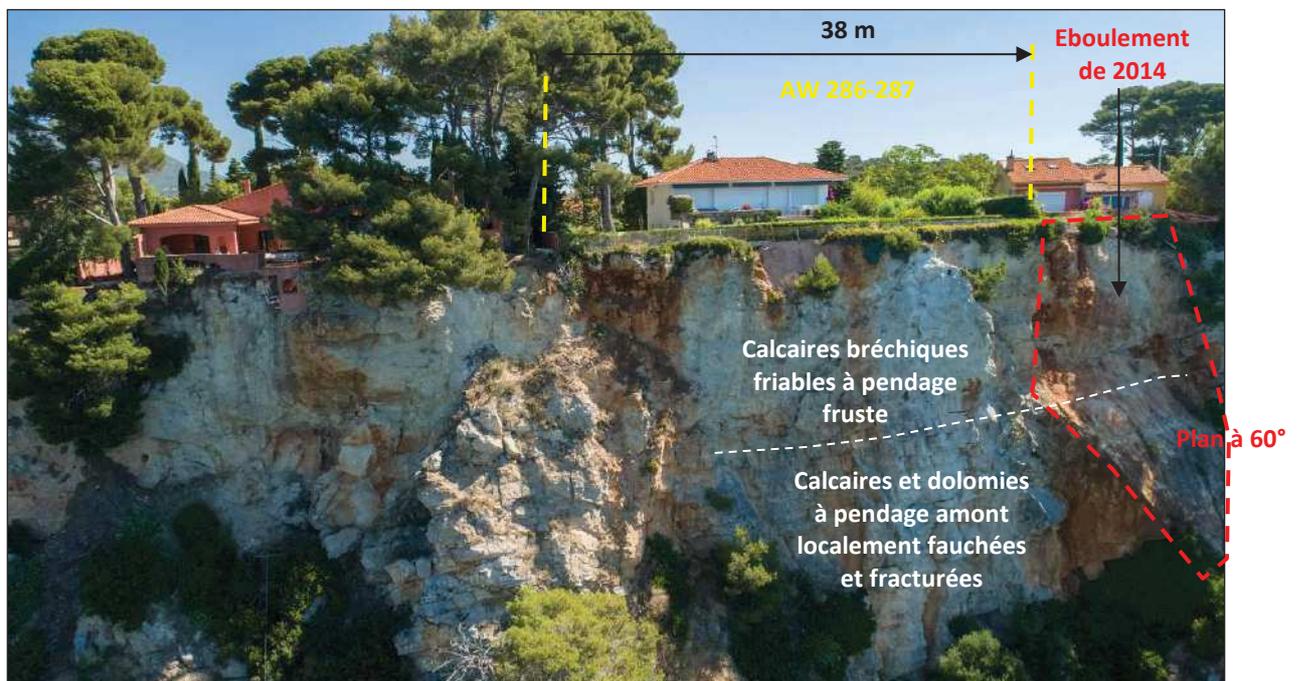


Figure 42 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Contexte géologique

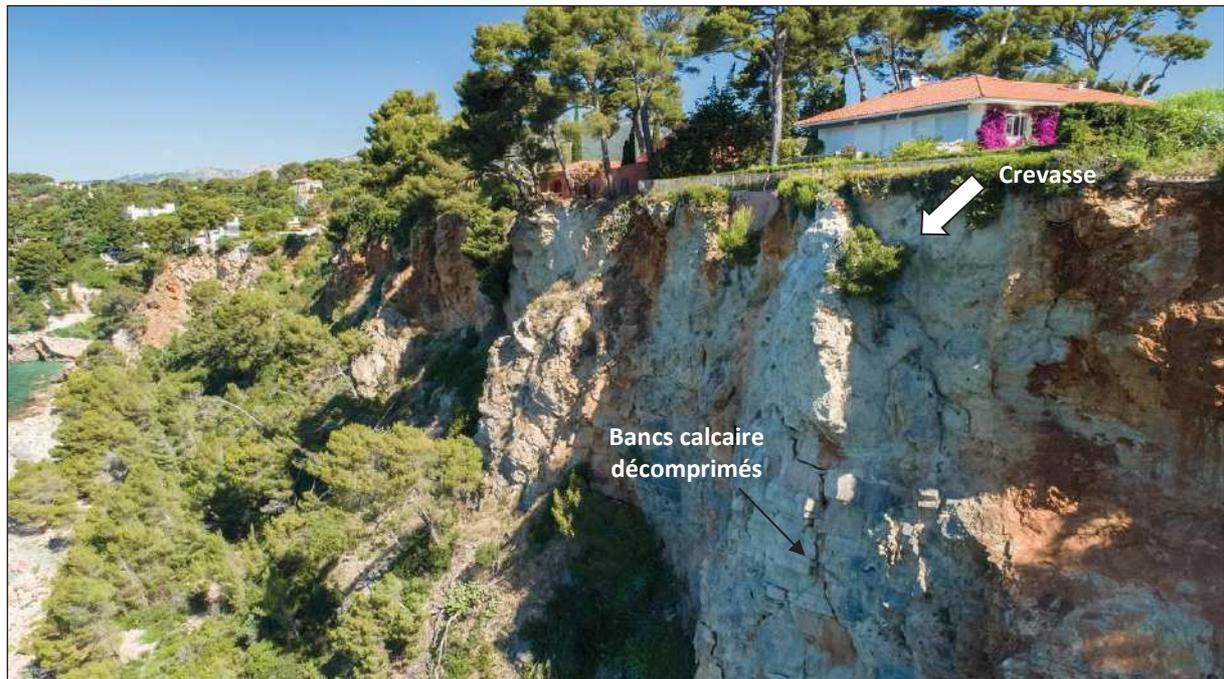
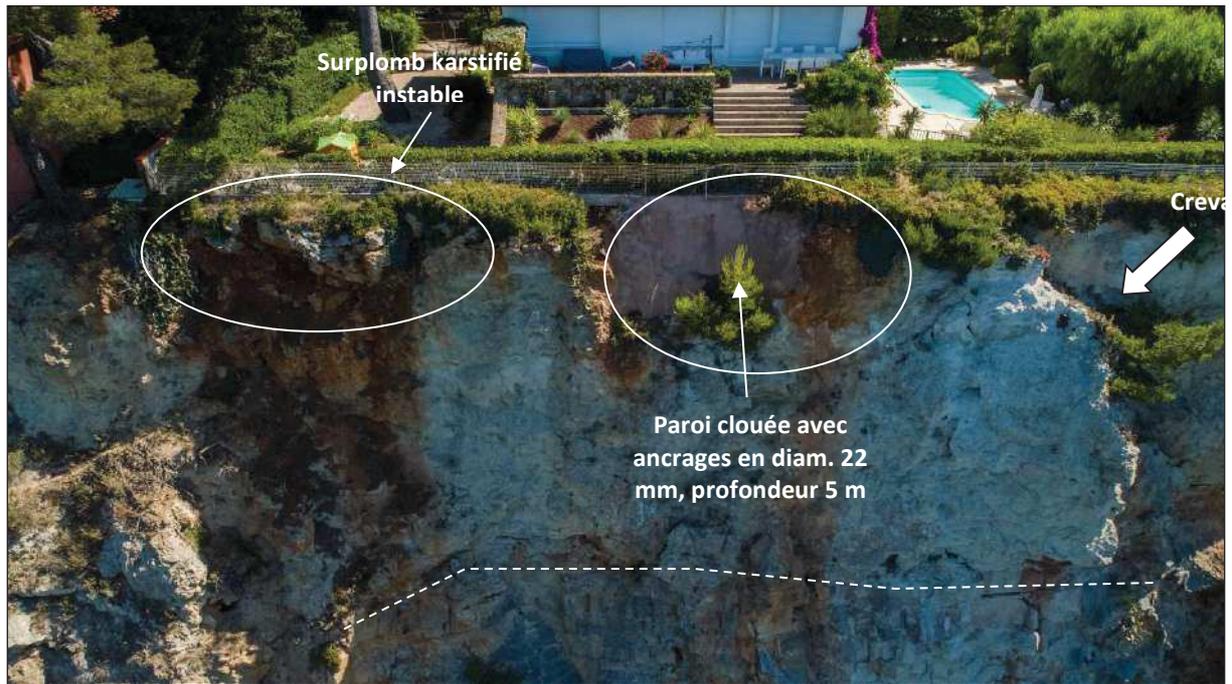


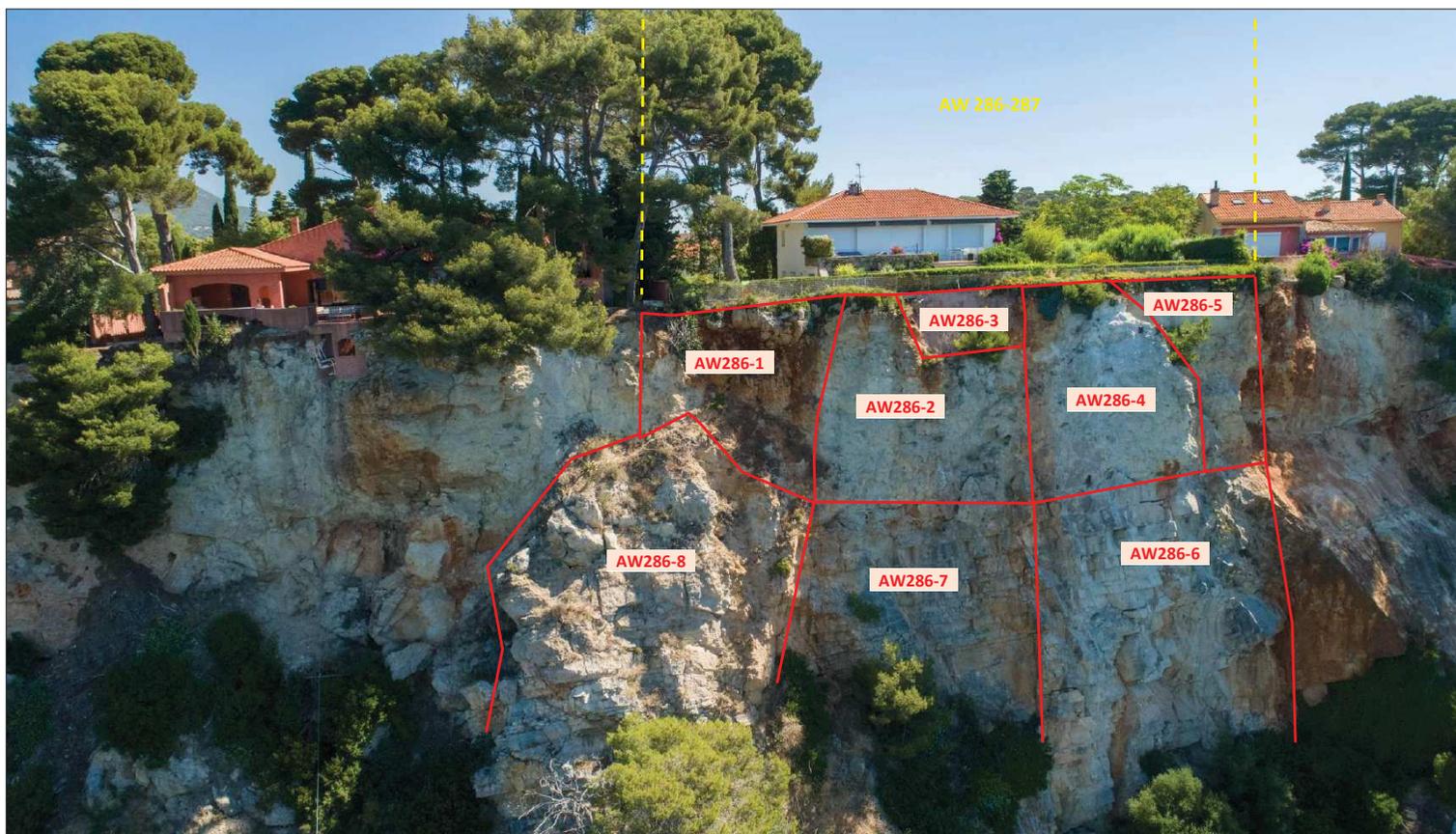
Figure 43 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations sur la tête de falaise



Figure 44 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations côté Est



Figure 45 : Falaises sous les parcelles AW 286-287 - Observations en pied de falaise



Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Probabilité de rupture	Délai	Aléa de rupture	Probabilité d'atteinte de l'enjeu (*)	Risque résultant
AW286-1	Zone karstifiée avec compartiment surplombant très instable de 10 m ³ en crête	120 m ²	élevée	Court terme	Fort	Forte	Fort
AW286-2	Falaise de calcaire bréchiqque très friable avec risque de chutes de pierres/blocs	130 m ²	élevée	Court terme	Fort	Moyenne	Moyen
AW286-3	Paroi clouée	30 m ²	Faible	Moyen terme	Faible	Faible	Faible
AW286-4	Eperon rocheux crevassé latéralement surplombant zone instable en pied	100 m ²	Forte	Court à moyen terme (pour la totalité de l'éperon)	Fort	Forte	Fort
AW286-5	Falaise de calcaire bréchiqque très friable avec risque de chutes de pierres/blocs	50 m ²	Forte	Court terme	Fort	Forte	Fort
AW286-6	Bancs très fracturés de calcaire dolomitique	330 m ²	Forte	Court terme	Fort	Très faible à nul	Faible
AW286-7	Bancs fracturés de calcaire dolomitique	210 m ²	Forte	Court terme	Fort	Très faible à nul	Faible
AW286-8	Masse fauchée et fracturée	250 m ²	Forte	Court terme	Fort	Très faible à nul	Faible

(*) : Terrasse parcelle AW 286-287

4. Hypothèses retenues pour le dimensionnement

4.1. Type d'ouvrage

Selon l'annexe B4 de la norme NFP 94 270, on retiendra une catégorie d'utilisation des ouvrages de 75 ans, correspondant aux murs de soutènement routiers ordinaires.

4.2. Modèle géotechnique

Le dimensionnement des renforcements a été mené sur le logiciel TALREN 5.

Le modèle géotechnique retenu pour le dimensionnement est présenté dans le tableau suivant.

Terrain	Profondeur (m)	Poids volumique	Caractéristiques de cisaillement		Frottement sol/clou
		γ (kN/m ³)	C' (kPa)	Φ' (°)	$q_{s\text{Sol/clou}}$ (kPa)
Eboulis	0 - 5	22	0	35	155 ⁽²⁾
Calcaires cargneulés « fauchés »	0-15	25	5 à 10 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	275 ⁽²⁾
Calcaires bréchiques friables	5 - 15	25	40 ⁽¹⁾	35 ⁽¹⁾	354 ⁽²⁾
Calcaires dolomitiques	> 10-15	25	50 ⁽¹⁾	40 ⁽¹⁾	354 ⁽²⁾

(1) Caractéristiques de cisaillement retenues après retro-calage des hypothèses de rupture sur TALREN 5.

(2) Valeurs Clouterre, à confirmer par des essais de convenance avant les travaux.

Les caractéristiques de cisaillement résultent d'un retro-calage sur TALREN 5 obtenu de la manière suivante : dans un premier temps, on cale les paramètres de cisaillement à partir de la géométrie de rupture déduite des observations de terrain, de manière à obtenir un facteur de sécurité proche de 1 en calcul unitaire (sans pondération des paramètres). On utilise ensuite ces caractéristiques pour le calcul pondéré des renforcements selon la norme NFP 94 270.

4.3. Hypothèses hydrogéologiques

Aucune nappe n'est considérée dans les calculs.

4.4. Hypothèses sismiques

Conformément aux règles de l'Eurocode 8, aucune accélération sismique n'est prise en compte dans les calculs (cf. chap. 2.7).

4.5. Surface de rupture étudiées

S'agissant d'un milieu rocheux, les surfaces de ruptures étudiées sur TALREN 5 sont de type planaires ou polygonales. Elles ont été définies à partir des observations de terrains : recoupement de plans de

fracturation observés en falaises avec prise en compte des éventuels indices de déformations présents dans les propriétés. Ces éléments conduisent en général à considérer une rupture intéressant à peu près la zone d'aléa fort telle que figurée sur les différentes cartes d'aléa (BRGM + IMSRN). Les paramètres géotechniques ont été calés par rapport à ces ruptures supposées en recherchant un facteur de sécurité proche de 1 en paramètres unitaires (voire légèrement inférieur ou supérieur selon le contexte).

4.6. Profils étudiés

Les profils étudiés sont les suivants :



Figure 46 : Localisation des profils TALREN

4.7. Surcharges

Il n'est pas considéré de surcharge particulière hormis les maisons si celle-ci se situent dans la zone d'instabilité.

4.8. Corrosion

D'après le tableau 4.1 de la norme NF EN 1993-5, pour une durée d'utilisation de 75 ans et dans des sols naturels agressifs (contexte maritime), la corrosion de l'acier peut être prise égale à 8 mm. C'est cette hypothèse qui a été utilisée pour les calculs. En cas d'utilisation d'une gaine plastique (protection P2), la corrosion des barres peut être négligée.

5. Confortement du talus rocheux

5.1. Stabilités étudiées

Les différents éléments géotechniques sont vérifiés selon les normes d'application nationale de l'Eurocode 7 :

- Ancrages passifs pour le confortement du talus rocheux : *Norme NF P 94-270 – Ouvrages de soutènement – Remblais renforcés et massifs en sol cloué*

Les différents types de stabilité étudiées et les vérifications associées sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Stabilités vérifiées

Ouvrage	Type de stabilité	Vérification	Pondération	Logiciel utilisé
Confortement par ancrages passifs	Externe	Stabilité mixte et générale	Approche 3 - GEO	Talren
	Interne	Résistance à la traction des armatures	Pondération EC3	

5.2. Coefficients de sécurité partiels

Les coefficients partiels utilisés dans le cadre de l'étude de stabilité générale sont issus de l'approche de calcul 3 pour la vérification des états-limites de stabilité générale (GEO) et de stabilité mixte (GEO et STR). La combinaison des ensembles de facteurs partiels à appliquer est la suivante :

A2 + M2 + R3

Les coefficients partiels utilisés dans le cadre de l'étude de stabilité générale sont issus de l'approche de calcul 2 pour la vérification des états-limites de stabilité externe (GEO) et de stabilité interne (STR). La combinaison des ensembles de facteurs partiels à appliquer est la suivante :

A1 + M1 + R2

Tableau 2 : Coefficients partiels pour l'approche 2 et l'approche 3

Paramètre			Approche 2	Approche 3
Actions			A1	A2
Permanente	Défavorable	$\gamma_{G_{sup}}$	1.35	1.0
	Favorable	$\gamma_{G_{inf}}$	1.0	1.0
Variable	Défavorable	$\gamma_{Q_{sup}}$	1.5	1.3
	Favorable	$\gamma_{Q_{inf}}$	0	0
Matériaux			M1	M2
Angle de frottement du sol		$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Cohésion du sol		$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Cohésion non drainée du sol		γ_{cu}	1.0	1.4
Poids volumique du sol		γ_{γ}	1.0	1.0
Résistances			R2	R3
Portance		$\gamma_{R;v}$	1,4	1,0
Glissement		$\gamma_{R;h}$	1,1	1,0

5.2.1. Caractéristiques des ancrages passifs

Les calculs ont été menés avec le logiciel Talren 5 développé par Terrasol. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous ainsi qu'en annexe 1. Le calcul de la résistance à la traction des ancrages est donné en annexe 2.

Secteur AW 260-AW261-AW481

Le talus rocheux sera conforté par plusieurs lits d'ancrages passifs dont les caractéristiques sont détaillées selon les profils dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Caractéristiques des ancrages passifs pour le confortement du talus rocheux - Secteur AW 260-AW261-AW481

Ancrages pour confortement				
	Profil 1	Profil 3	Profil 4	Profil 5
Diamètre forage	90 mm	90 mm	90 mm	90 mm
Type d'armature	GEWI 32	GEWI 32	GEWI 32	GEWI 32
Résistance traction	442 kN (avant corrosion) 236 kN (après corrosion)			
Longueur totale	Lit 1 : 8 m Lit 2 : 7 m Lit 3 : 5 m Lit 4 : 4 m	Lit 1 : 12 m Lit 2 : 12 m Lit 3 : 11 m Lit 4 : 10 m Lit 5 : 9 m Lit 6 : 9 m Lit 7 : 8 m Lit 8 : 6 m	Lit 1 : 11 m Lit 2 : 10 m Lit 3 : 8 m Lit 4 : 7 m Lit 5 : 7 m	Lit 1 : 8 m Lit 2 : 6 m Lit 3 : 6 m Lit 4 : 6 m
Entraxe horizontal	3 m	2,5 m	2,5 m	3 m
Entraxe vertical	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m
Inclinaison (°)	20	20	20	20
FS TALREN en approche 3 GEO NF P 94-270	1,14 >1	1,01 >1	1,05 >1	1,86 >1
Stabilité	Justifiée	Justifiée	Justifiée	Justifiée

Tableau 4 : Caractéristiques des ancrages passifs pour le confortement du talus rocheux - Secteur AW 348-285-286-287

Ancrages pour confortement				
	Profil 7	Profil 8	Profil 9	Profil 10
Diamètre forage	110 mm	110 mm	110 mm	110 mm
Type d'armature	GEWI 40	GEWI 40	GEWI 40	GEWI 40
Résistance traction/cisaillement	Traction : 691 kN (avant corrosion) Traction : 458 kN (après corrosion) Cisaillement : 325 kN (après corrosion)			
Longueur totale	Lit 1 : 8 m Lit 2 : 8 m Lit 3 : 8 m Lit 4 : 7 m Lit 5 : 5 m Lit 6 : 4 m	Lit 1 : 10 m Lit 2 : 9 m Lit 3 : 8 m Lit 4 : 6 m Lit 5 : 4 m	Lit 1 : 8 m Lit 2 : 8 m Lit 3 : 8 m Lit 4 : 8 m Lit 5 : 8 m Lit 6 : 8 m Lit 7 : 8 m	Lit 1 : 8 m Lit 2 : 10 m Lit 3 : 8 m Lit 4 : 8 m Lit 5 : 8 m Lit 6 : 8 m Lit 7 : 8 m
Entraxe horizontal	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m
Entraxe vertical	2,5 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m
Inclinaison (°)	20	20	20	20
FS TALREN en approche 3 GEO NF P 94-270	1,32 >1	1,15 >1	1,03 >1	1,15 ou 1,25 >1
Stabilité	Justifiée	Justifiée	Justifiée	Justifiée

De manière générale, la mise en œuvre des renforcements permet d'accroître la stabilité d'environ 50% par rapport à l'état initial.

6. Détail des travaux à réaliser par zones

6.1. Parcelle AW 481



Figure 47 : Falaise sous la parcelle AW 481 – vue en élévation des confortements

Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Risque actuel	Travaux à réaliser
AW481-1	Chute de blocs (# 10 m ³ de taille unitaire) au sein d'un compartiment rocheux affecté par un plan de fracturation à pendage aval et discontinu en pied (famille F1).	120 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 120 m² • 5 ancrages GEWI 32 mm - prof 8 m • 5 ancrages GEWI 32 mm - prof 7 m • 5 ancrages GEWI 32 mm - prof 5 m • 4 ancrages GEWI 32 mm - prof 3 m
AW481-2	Rupture du mur en aggro ferrailé	L= 6 m ; H = 5 m soit 30 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Comblement de l'arrière du mur avec du béton : 1 m³ • 3 ancrages GEWI 32 mm prof 8 m sur croix de Saint-André • 2 ancrages GEWI 32 mm prof 7 m sur croix de Saint-André • 6 barbacanes diam. 40mm profondeur 1 m
AW481-3	Eroulement de la tête de talus déstructurée/fauchée et sous-cavée	20 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 20 m² • Mise en place d'un contrefort en béton armé sous la tête de talus instable : 4 m³ • 4 ancrages GEWI 32 mm - prof 12 m
AW481-4	Zone fauchée avec possibilité d'éroulement d'un compartiment rocheux instable # 50 m ³	70 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 70 m² • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 11 m • 6 ancrages GEWI 32 mm - prof 10 m • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 8 m • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 6 m
AW481-5	Aléa de chute de bloc avec possibilité de déchaussement du mur	30 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 30 m² • 4 ancrages GEWI 32 mm - prof 5 m • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 3 m • Béton projeté sur ST25C épaisseur 20 cm : 30 m² • 6 barbacanes diam. 40mm profondeur 1 m

6.2. Parcelle AW 261

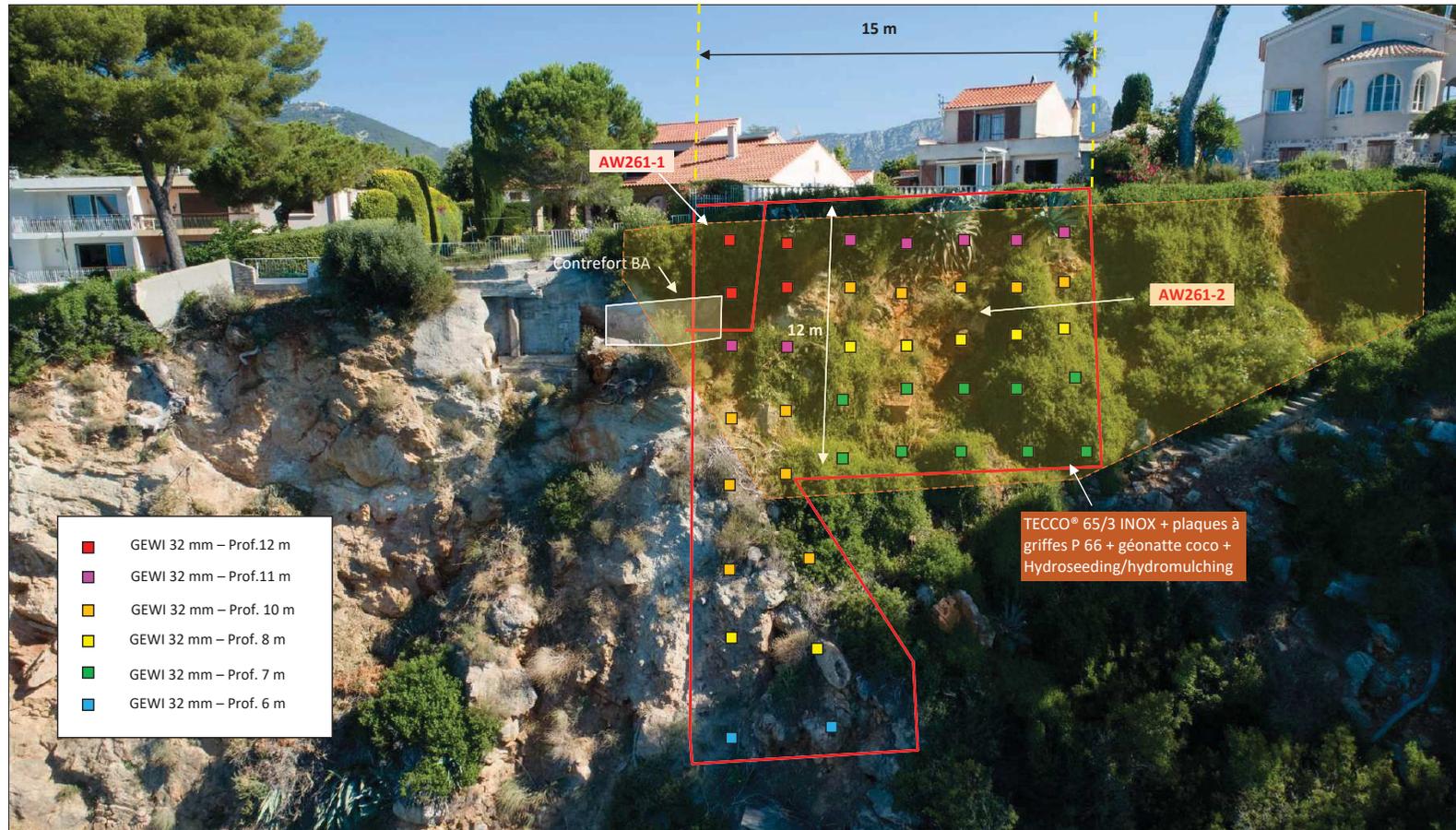


Figure 48 : Falaise sous la parcelle AW 261 – vue en élévation des confortements

Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Risque actuel	Travaux à réaliser
AW261-1	Ecroulement de la tête de talus déstructurée/fauchée et sous cavée	20 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 20 m² • Mise en place d'un contrefort en béton armé sous la tête de talus instable : 1 m³ • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 12 m
AW261-2	Zone ocreuse instable fauchée entraînant un risque de chute de bloc isolé et une déstabilisation de la terrasse de la parcelle AW 261	210 m ²	Fort	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 210 m² • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 12 m • 7 ancrages GEWI 32 mm - prof 11 m • 11 ancrages GEWI 32 mm - prof 10 m • 7 ancrages GEWI 32 mm - prof 8 m • 10 ancrages GEWI 32 mm - prof 7 m • 2 ancrages GEWI 32 mm - prof 6 m • Mise en place d'un TECCO 65/3 + plaques à griffes P66 + géonatte coco + Hydroseeding/hydromulching : 180 m²

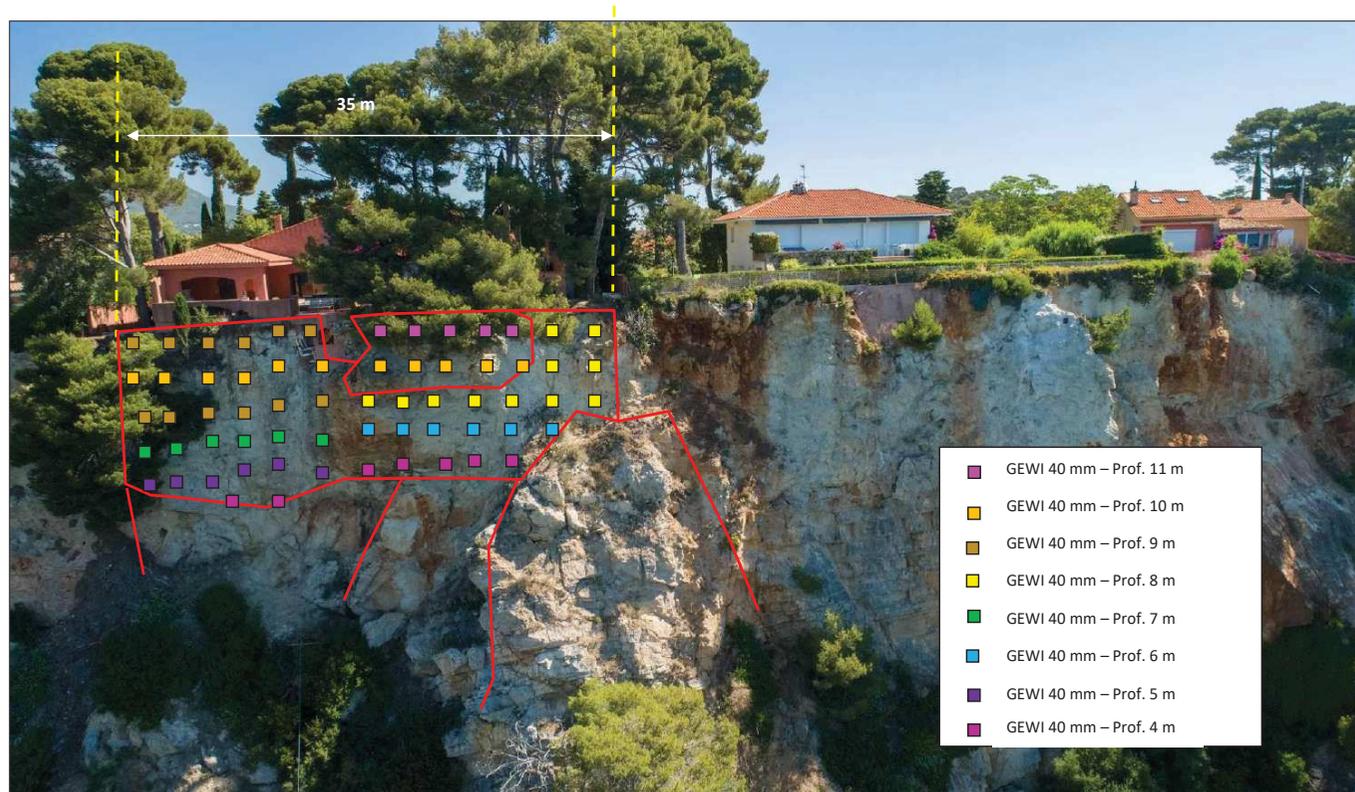
6.3. Parcelle AW 260



Figure 49 : Falaise sous la parcelle AW 260 – vue en élévation des confortements

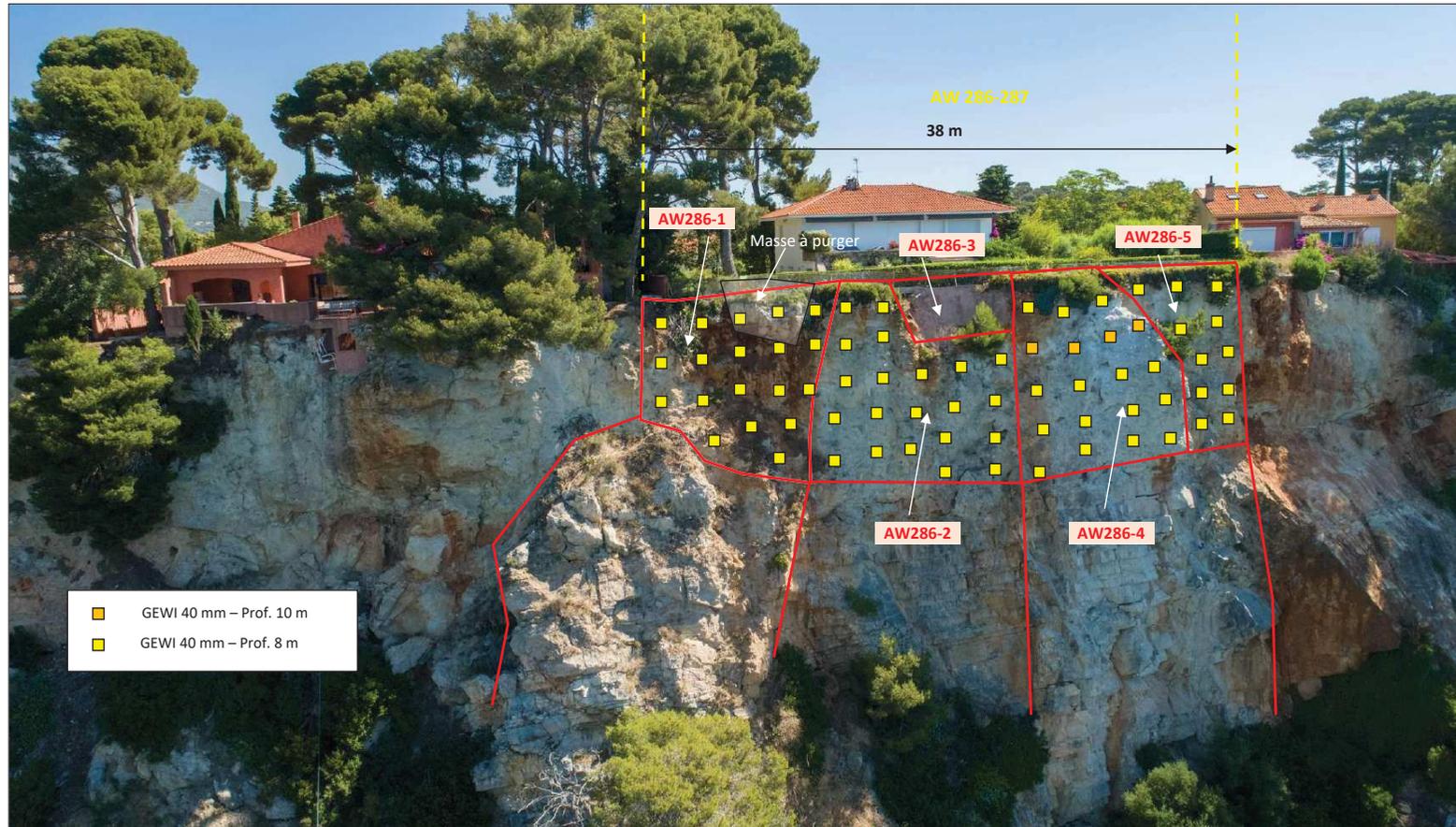
Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Risque résultant	Travaux à réaliser
AW260-1	Rupture crête de talus végétalisé (Actuellement existence d'un léger affaissement en crête potentiellement dû à un phénomène de fauchage)	130 m ²	Moyen	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 130 m² • 5 ancrages GEWI 32 mm - prof 8 m • 14 ancrages GEWI 32 mm - prof 6 m • Mise en place d'un TECCO 65/3 + plaques à griffes P66 + géonatte coco + hydroseeding/hydromulching : 130 m²
AW260-2	Rupture crête de talus végétalisé sans affaissement visible	50 m ²	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Débroussaillage/purges de sécurité : 50 m² • 12 ancrages GEWI 32 mm - prof 3 m • Mise en place d'un TECCO 65/3 + plaques à griffes P66 + géonatte coco + hydroseeding/hydromulching : 50 m²

6.1. Parcelle AW348-285



Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Risque résultant	Travaux à réaliser
AW348-1	Surplomb de calcaire bréchiq	60 m ²	Fort	Débroussaillage
AW348-2	Falaise de calcaire bréchiq très friable avec risque de chutes de pierres/blocs notamment en partie centrale surplombante	340 m ²	Fort	Purges de sécurité sur une surface de 400 m ² Mise en place d'une paroi clouée sur 64 clous diam 40 mm prof. 4 à 11 m, espacement des clous $e_h = e_v = 2,5$ m + 64 barbacanes diam 80 mm, profondeur 1 m, soit 1U/6,25m ² Revêtement béton 400m ² - Classe d'exposition : XS3 épaisseur 30 cm sur 2 treillis soudés ST50 coté terre, ST35 coté air ou béton fibré. Teinte de finition beige RAL 1001

6.2. Parcelle AW286-287



Secteur/instabilité	Description	Surface concernée	Risque résultant	Travaux à réaliser
AW286-1	Zone karstifiée avec compartiment surplombant très instable de 10 m ³ en crête	120 m ²	Fort	Débroussaillage de la crête
AW286-2	Falaise de calcaire bréchiq ue très friable avec risque de chutes de pierres/blocs	130 m ²	Moyen	Purges de sécurité sur une surface de 440 m ² dont purge d'un compartiment de 10 m ³
AW286-3	Paroi clouée	30 m ²	Faible	Mise en place d'une paroi clouée sur 66 clous diam 40 mm prof. 8 m + 4 clous diam 40 mm prof. 10 m, espacement des clous e _n = e _v = 2,5 m + 70 barbacanes diam 80 mm, profondeur 1 m, soit 1U/6,25m ²
AW286-4	Eperon rocheux crevassé latéralement surplombant zone instable en pied	120 m ²	Fort	Revêtement béton sur 440 m ² Classe d'exposition : XS3 épaisseur 30 cm sur 2 treillis soudés
AW286-5	Falaise de calcaire bréchiq ue très friable avec risque de chutes de pierres/blocs	70 m ²	Fort	ST50 coté terre, ST35 coté air ou béton fibré. Teinte de finition beige RAL 1001