



GÉOLOGIE ET INFORMATIQUE APPLIQUÉES
RISQUES – INFRASTRUCTURES – CONSTRUCTIONS
ÉTUDES ACROBATIQUES ET SUBAQUATIQUES

MAIRIE D'ORANGE

Archives municipales

**MISE EN SECURITE DE LA FALAISE ROCHEUSE
MAITRISE D'ŒUVRE – MARCHE N°182/2011**

**PHASE DIAGNOSTIC-AVP
MISSION G5**

RAPPORT N°G5/2619/11

Destinataire :

MAIRIE D'ORANGE
Direction des bâtiments
M. CREUZIL
Place Clémenceau

BP 187 84106 Orange Cedex

Réalisé par le géologue chargé d'études

B. LAUGIER

MARSEILLE, le 26 Janvier 2012

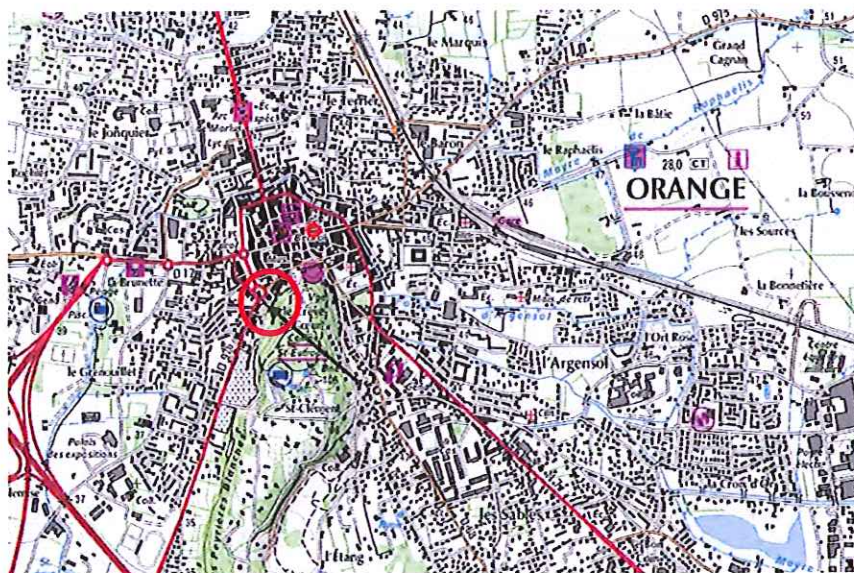
R. BETTON

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	3
2. CARACTERISTIQUES PRINCIPALES DE LA ZONE D'ETUDE	4
3. DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE - ZONES 1 A 5	5
3.1 - DEFINITION DU RISQUE D'INSTABILITE	5
3.2 - ETUDE DE DETAIL DES SITES	6
3.2.1 - ZONE 1	7
3.2.2 - ZONE 2	8
3.2.3 - ZONE 3	8
3.2.4 - ZONE 4	11
3.2.5 - ZONE 5	11
3.3 - TABLEAU DE SYNTHESE DES RISQUES	15
3.4 - DEFINITION DES TRAVAUX	16
3.4.1. - PURGE SOIGNEE	16
3.4.2. - ANCRAGE PASSIFS	16
3.4.3. - RENFORCEMENT PAR CABLES	16
3.4.4. - COUVERTURE GRILLAGEE PLAQUEE	17
3.4.1. - BETON PROJETE	17
3.4.5. - TRAVAUX DE MAÇONNERIE ET DE DEMOLITION	17
4. RECOMMANDATIONS POUR LE CONFORTEMENT DU FRONT ROCHEUX	18
4.1 - MISE EN SECURITE GENERALE	18
4.2 - AVANT-METRE ET ESTIMATION SOMMAIRE	18
ANNEXES	21

1. Introduction

Le Bureau d'études G.I.A. Ingénierie est intervenu le 16 décembre 2011 à la demande de la mairie d'Orange, pour établir un diagnostic géotechnique sur les instabilités provenant d'un front rocheux et du mur le surmontant, l'ensemble bordant le parking des archives municipales.



L'étude concerne :

- Un mur en pierre qui touche le bâtiment des archives,
- Le petit front rocheux ainsi que les cavités sous-jacentes,
- Un mur en pierre supérieur qui limite la parcelle et qui borde la route à l'amont.

L'étude a consisté en une analyse détaillée à partir du pied et de la crête des ouvrages, mais également à l'aide d'une nacelle des différentes zones présentées ci-dessus, de la zone de stationnement jusqu'à la route supérieure.

Ce diagnostic a permis de cerner les risques et de proposer des solutions géotechniques pour limiter la régression du front rocheux et son impact en fonction des objectifs de sécurité à atteindre à court et moyen terme et une première estimation de ces travaux.

Une série de planches photographiques fournie en annexe du présent dossier permet d'illustrer et de situer les différentes observations faites sur le site.

2. Caractéristiques principales de la zone d'étude

❶ Géologie:

Les archives sont implantées au pied de la colline Saint-Eutrope. Les affleurements sont constitués de grès jaunes datant du Cénomaniens (feuille ORANGE échelle 1/50 000).

Compte tenu de sa situation topographique et de son orientation, ce petit front rocheux est soumis à l'érosion naturelle de l'eau de pluie et l'action des cycles de gel-dégel qui font éclater les matériaux favorisée par une forte humidité.

❷ Morphologie et hydrologie :

Plus précisément, le secteur à traiter concerne un front rocheux surplombant la zone de stationnement des archives municipales de la mairie d'Orange. Le front est orienté au NNE-SSW et présente une hauteur maximale de 7 mètres environ qui diminue progressivement vers le SSW.

Aucune venue d'eau pérenne n'a été reconnue au niveau du versant étudié. Des écoulements temporaires par infiltration sont probables à l'occasion de fortes pluies, des traces de suintement sont visibles dans les cavités.

❸ Description générale des masses instables :

Dans cette étude, les éléments qui présentent un danger sont des blocs issus de la fracturation et de l'altération du substratum, dont le volume nominal ne dépasse pas 1 m³ maximum. Mais le risque principal provient des petits blocs et écailles ($V < 0,05 \text{ m}^3$) désolidarisés par un système de fracturation très défavorable.

Le principal mécanisme d'altération de cette roche est constitué par l'action de l'eau : augmentation des pressions interstitielles dans les fissures structurales qui entraîne la formation de zones de faiblesse ou de cavités. On peut également citer le rôle de la végétation qui retient parfois les pierres, mais dont les racines en s'introduisant dans les fissures provoquent, lors de leur croissance, la désolidarisation des blocs.

Ces différents phénomènes entraînent des instabilités qui peuvent créer, après leur chute, de nouvelles zones de faiblesse (fissures de traction, fractures d'impact, surplomb, etc.). Ainsi, trois types de mouvements peuvent être observés, à savoir :

- des glissements plans le long de surfaces de discontinuité (stratification ou fissures) ;
- des ruptures par poussée dues à la pression hydrostatique provoquée par des infiltrations d'eau à l'intérieur des discontinuités ou à l'action de la végétation.
- des éboulements des zones de surplombs sous l'action de la gravité avec décompression des bancs supérieurs (phénomènes de fauchage).

3. Diagnostic géotechnique - Zones 1 à 5

3.1 - Définition du risque d'instabilité

Pour hiérarchiser le risque, deux notions principales sont prises en compte : *le degré de dangerosité et le délai estimé d'apparition de l'événement.*

La dangerosité peut être définie par : « la possibilité d'apparition d'un phénomène de mouvements de terrain sur un territoire donné, sans préjuger de la date de son déclenchement, de sa propagation ou des dommages qu'il peut causer » et dans l'état actuel des confortements s'ils existent.

Les techniciens distinguent alors des intervalles de temps à l'intérieur desquels l'événement devrait avoir statistiquement des "chances" de se produire : le raisonnement se fait comme en matière de crue ; un événement dont le délai a été classé à long terme peut se produire à la prochaine saison.

Les tableaux ci-après définissent les termes pris en compte pour cette phase d'étude.

DEGRE DE DANGEROUSITE	DESCRIPTION DU DANGER D'INSTABILITE
Moyen	tous les facteurs déterminants une instabilité sont accessibles ; n-1 facteurs sont répertoriés, le facteur manquant pouvant apparaître au cours du temps (M)
Dangereux	tous les facteurs déterminants une instabilité sont reconnus sur le site mais l'intensité d'un ou plusieurs facteurs est faible (D)
Très dangereux	tous les facteurs déterminants une instabilité sont reconnus sur le site avec des intensités fortes et une forte possibilité d'apparition (TD)

DELAI D'OCCURENCE	DESCRIPTION DU DELAI ESTIME D'APPARITION DE L'EVENEMENT
Moyen terme	de l'ordre de 30 ans (Mt)
Court terme	de l'ordre de 10 ans (Ct)
Très court terme	de 2 à 3 ans (TCt)
Permanent	Annuel (P)

Ces deux notions permettent de définir le niveau d'instabilité de la masse rocheuse.

La prise en compte supplémentaire de la probabilité de propagation du bloc jusqu'aux enjeux humains ou matériels permet de définir l'ALEA, celle-ci s'étale de moyenne à très forte sur ce site.

La **VULNERABILITE** exprime le niveau de conséquences prévisibles en vies humaines, en biens et en activités, dans l'hypothèse de la survenance d'un éboulement naturel sur les enjeux. Les paramètres de déterminations de la vulnérabilité sont entre autres : la fréquentation, évaluation des dégâts, sur-accident, trajectoire...).

Dans le cadre de notre étude, la vulnérabilité des éléments repérés présente des caractères Modérée et Très Importante. Elle s'explique de la manière suivante :

- **Vulnérabilité Modérée :** La survenance d'un éboulement rocheux expose des zones qui sont peu fréquentées, en l'occurrence les cavités.
- **Vulnérabilité Très Importante :** La survenance d'un éboulement rocheux expose les zones de stationnement à forte fréquentation et les routes de la commune (Secteur 1 et secteur 4).

Le niveau de **RISQUE** représenté par une instabilité est alors le croisement de l'aléa et de la vulnérabilité. On retrouve donc la formule suivante :

$$\text{risque} = \text{dangerosité} \otimes \text{occurrence} \otimes \text{propagation} \otimes \text{vulnérabilité}.$$

Le détail de la méthode de détermination des risques dus aux éboulements rocheux est exposé en annexe.

3.2 - Etude de détail des sites

Après une inspection détaillée du front rocheux et des ouvrages associés, chaque instabilité ou zone dangereuse repérée sera illustrée par un ou plusieurs clichés qui seront décrits suivant différents critères (listes non systématiques), à savoir :

- ❶ Description générale des masses instables (forme, volume, état de fissuration, ...).
- ❷ La dangerosité et le délai d'occurrence de l'instabilité.
- ❸ Type de travaux (protection ou confortement) envisageables.

- REMARQUES :**
- ❶ Les zones sont décrites d'une manière générale en regardant la falaise de gauche à droite.
 - ❷ Les planches de situation des instabilités étudiées (panoramiques) se trouvent au sein d'une annexe indépendante, au même titre que les photos de détail.
 - ❸ Les dimensions indiquées des blocs sont prises chacune dans leur plus grande valeur (volume final à minorer de 40% à 90% suivant la forme), le volume indiqué est celui susceptible d'être déstabilisé en une seule fois.

3.2.1 - Zone 1



ZONE 1A		Photo n°: 1	Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Sous cavage			
	Dimens°: (h*L*e) V < 0,05 m3		P. forme :	
	Fissurat° (inc/ouv) :			
	Moteur instab. : érosion / eau		végétation / gel	
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = M	Proba. propa. = Fo
Travaux	Obturé avec du béton			



ZONE 1B		Photo n°: 2		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Sous cavage				
	Dimens°: (h°L°e) V < 0,01 m3			P. forme :	
	Fissural° (inc/ouv) :				
	Moteur instab. :		érosion / eau végétation / gel		
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = Fo
Travaux	Obturé avec du béton				



ZONE 1C		Photo n°: 3	Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° instabilité	Nature : cailloux			
	Dimens°: (h*L*e) V < 5 L		P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :			
	Moteur instab. : érosion / eau		végétation / gel	
Param. risque	Délais d'occu. =	CT	Proba. d'occu. =	D Proba. propa. = Fo
Travaux	Rejoindre le mur sur une surface de 80 m2			

3.2.2 - Zone 2



ZONE 2A		Photo n°: 4		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Colonne rocheuse sous le banc en surplomb				
	Dimens°: (h*L*e) h: 1,6 L: 1,1 e: 0,5			En surplomb sur 0,4 m	
	Fissurat° (inc/ouv) :		lat g fermée	lat d fermée	
	Moteur instab. :		érosion / eau végétation / gel		
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = D à TD		Proba. propa. = TFo
Travaux	3 cables de 2,5 m chacun fixés par 4 ancrages				



ZONE 2B		Photo n°: 5		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature :	Blocs isolés en surplomb rapportés lors de l'édification du mur			
	Dimens°: (h*L*e)	h: 1,6	L: 1,1	prof max 1,1	En surplomb sur 0,5 m
	Fissurat° (inc/ouv) :				
	Moteur instab. :	érosion / eau		végétation / gel	
Param. risque	Délais d'occu. =	CT	Proba. d'occu. =	D	Proba. propa. = T Fo
Travaux	Pose de deux drapeaux sous la masse principale				



ZONE 2C		Photo n°: 6		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Sous cavage sous les blocs rapportés liés probablement aux eaux de ruissellement de la route				
	Dimens°: (h*L*e)		h: 0,15	L: 4,0	prof: 0,5 P. forme :
	Fissurat° (inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. =		MT	Proba. d'occu. =	D Proba. propa. = Tfo
Travaux		Obturé avec du béton			



ZONE 2D		Photo n°: 7		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : blocs / cailloux				
	Dimens°: (h*L*e) h: 0,20 L: 7,0			P. forme :	
	Fissurat° (inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = TFo
Travaux	Purger les pierres déchaussées, enlever la végétation et rejointoyer le mur sur 14 m2				



ZONE 2E		Photo n°: 8		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° instabilité	Nature : Colonne				
	Dimens°: (h*L*e) h: 2,0 L: 0,5		prof max 0,3		En surplomb sur 0,5 m
	Fissurat° (inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT à TCT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = TFo
Travaux	2 câbles en triangle de 3,0 m chacun et 3 ancrages			Ou Pose d'un grillage	



ZONE 2F		Photo n° : 9		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : spb / tête de banc				
	Dimens°: (h*L*e) h: 2,5 L: 0,6		surplomb: 0,8		P. forme :
	Fissurat° (inc/ouv) : aval/amont				
	Moteur instab. : érosion / eau gravité / impact				
Param. risque	Délais d'occu. = MT à CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = F0
Travaux	1 ancrage en partie basse ou 2 cables de 2 m				



ZONE 2G		Photo n° : 10		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° instabilité	Nature :	spb / tête de banc			
	Dimens°: (h*L*e)	h: 0,7	L: 1,1	e: 1,0	P. forme :
	Fissurat° (inc/ouv) :	Les fissures latérales se rejoignent			
	Moteur instab. :	érosion / eau gravité / impact			
Param. risque	Délais d'occu. =	CT	Proba. d'occu. =	D	Proba. propa. = TF0
Travaux	2 câbles de 5m fixés et 4 ancrages (2+2) ou un pilier maçonné				



ZONE 2H		Photo n°: 11		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : 2 cavités				
	Dimens°: (h*L*e)			P. forme :	
	Fissurat° (inc/ouv) : RAS				
	Moteur Instab. :				
Param. risque	Détails d'occu. = Lt		Proba. d'occu. = N		Proba. propa. = Tfo
Travaux	Deux cavités peuvent obturées par des grilles. Les feux à l'intérieur de celle-ci doivent être interdits				

3.2.3 - Zone 3



ZONE 3A		Photo n°: 12		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° instabilité	Nature : Sous cavage en limite entre zone 2 et 3				
	Dimens°: (h°L°e) V = 1,0 m3			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = MT		Proba. d'occu. = M		Proba. propa. = Fo
Travaux	Obluré avec du béton				



ZONE 3B		Photo n°: 13		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement			
Descript° instabilité	Nature :		Front rocheux				
	Dimens°: (h*L*e)		h: 7,0 L: 6,0		P. forme :		
	Fissurat° (inc/ouv) :						
	Moteur instab. :		érosion / eau végétation / gel				
Param. risque	Délais d'occu. =		CT	Proba. d'occu. =	D	Proba. propa. =	Fo
Travaux	Débroussaillage de 20 m2 et pose d'un grillage sur 50 m2						



ZONE 3C		Photo n°: 14		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Mur isolé au niveau de la rupture de pente				
	Dimens°: (h°L°e) 6 m2			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau végétation / gel				
Param. risque	Délais d'occu. =	CT à TCT	Proba. d'occu. =	TD	Proba. propa. = Fo
Travaux	Débroussailler et rejointoyer 6 m2 de mur				

3.2.4 - Zone 4



ZONE 4A		Photo n°: 15	Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Front rocheux			
	Dimens°: h: 7 m (4m de front et 3 m de talus)		L: 8 m	
	Fissurat° (Inc/ouv) :			
	Moteur instab. : érosion / eau		végétation / gel	
Param. risque	Délais d'occu. =	CT	Proba. d'occu. =	D Proba. propa. = TFo
Travaux	Débroussaillage préalable des arbres et du lierre, (ne pas arracher le lierre) et pose d'un grillage de 80 m2 environ			



ZONE 4B		Photo n°: 16		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature :		blocs / cailloux		
	Dimens°: (h*L*e)			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. :		érosion / eau végétation / gel		
Param. risque	Délais d'occu. =		CT	Proba. d'occu. =	D Proba. propa. = Fo
Travaux	Purge				



ZONE 4C		Photo n°: 17		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature :		blocs / cailloux		
	Dimens°: (h*L*e)		V=30 L		P. forme :
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. :		érosion / eau végétation / gel		
Param. risque	Délais d'occu. =		CT	Proba. d'occu. =	D Proba. propa. = Fo
Travaux	Pose d'un grillage sur 30 m2. 3,5 m de front et 3 m de talus				



ZONE 4D		Photo n°: 18		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement		
Descript° Instabilité	Nature : Colonne rocheuse					
	Dimens°: (h*L*e)		h 1,9	L 0,7	e 0,35	P. forme :
	Fissurat° (Inc/ouv) : arrière					
	Moteur instab. :		érosion / eau			végétation / gel
Param. risque	Délais d'occu. = TCT à CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = TFo	
Travaux	Purge à l'intérieur de la cavité					



ZONE 4E		Photo n°: 19		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : Mur en pierres				
	Dimens°: (h*L*e) h: 3,1 L: 5,0			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau végétation / gel				
Param. risque	Délais d'occu. = I		Proba. d'occu. = TD		Proba. propa. = T Fo
Travaux	Démolition totale du mur, les gravats seront poussés à l'intérieur de la cavité				



ZONE 4F		Photo n°: 20		Enjeux : Front rocheux au droit de la zone de stationnement		
Descript° Instabilité	Nature : tête de banc					
	Dimens°: (h*L*e)		h: 2,0	L: 2,0	prof max 0,8	P. forme :
	Fissurat° (inc/ouv) : arrière					
	Moteur instab. : érosion / eau gravité / impact					
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = Fo	
Travaux	1 ancrage de 2 ml					



ZONE 4G		Photo n°: 21		Enjeux : Mur au droit de la zone de stationnement	
Descript° Instabilité	Nature : spb / tête de banc				
	Dimens°: (h*L*e) h: 1,3 L: 1,6		prof max 1,0		P. forme :
	Fissurat° (Inc/ouv) : Arrière en dièdre				
	Moteur instab. : érosion / eau gravité / impact				
Param. risque	Délais d'occu. = MT à CT		Proba. d'occu. = TD		Proba. propa. = Fo
Travaux	1 ancrage de 2 m et 25 m2 de grillage				

3.2.5 - Zone 5



ZONE 5A		Photo n°: 22		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : Sous cavage				
	Dimens°: (h*L*e) h: 2,0 L: 12			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = PD		Proba. propa. = Fo
Travaux	Rejoindroyer le bas du mur				



ZONE 5B		Photo n°: 23		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : Blocs isolés repérés sur la zone 2 et sous cavés				
	Dimens°: (h*L*e) h: 0,4 L: 2,0			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur érosion / Instab. : eau				
Param. risque	Délais d'occu. = MT		Proba. d'occu. = M		Proba. propa. = Fo
Travaux	Rejoindre afin de limiter le sous cavage de l'autre côté				



ZONE 5C		Photo n°: 24		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : Sous cavege				
	Dimens°: (h*L*e) h: 0,4 L: 0,4		prof max 0,3	P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = M		Proba. propa. = Fo
Travaux	Obturé avec du béton				



ZONE 5D		Photo n°: 25		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux			
Descript° Instabilité	Nature : Mur endommagé						
	Dimens°: (h*L*e)		h: 1,3	L: 1,7	e 0,35	P. forme :	
	Fissurat° (inc/ouv) :						
	Moteur instab. : érosion / eau						
Param. risque	Délais d'occu. =		P	Proba. d'occu. =	TD	Proba. propa. =	TFo
Travaux	Refaire le mur rapidement						



ZONE 5E		Photo n°: 26		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : Mur endommagé				
	Dimens°: (h°L°e) 1 m2			P. forme :	
	Fissurat° (Inclouv) :				
	Moteur instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = D		Proba. propa. = TFo
Travaux	Refaire le mur rapidement				



ZONE 5F		Photo n°: 27		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature :		Petit muret situé à l'intérieur du mur principal présentant une très forte instabilité		
	Dimens°: (h°L°e)		V < 10 L		P. forme :
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur Instab. :		gravité / impact		
Param. risque	Détails d'occu. = P		Proba. d'occu. = TD		Proba. propa. = Fo
Travaux	Purger rapidement				



ZONE 5G		Photo n°: 28		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : L'ensemble du mur (partie basse)				
	Dimens°: (h°L°e) h: 1,0 L: 47			P. forme :	
	Fissurat° (Inc/ouv) :				
	Moteur Instab. : érosion / eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = PD		Proba. propa. = M
Travaux	Rejoindroyer le bas du mur (environ 50 m2)				



ZONE 5H		Photo n°: 29		Enjeux : Mur longeant la route au dessus du front rocheux	
Descript° Instabilité	Nature : Mur endommagé (3 trous à ma côte 24, 34 et 47 m)				
	Dimens*: (h°L°e)			P. forme :	
	Fissurat* (Inc/ouv) :				
	Moteur érosion / Instab. : eau				
Param. risque	Délais d'occu. = CT		Proba. d'occu. = PD		Proba. propa. = M
Travaux	Oblurer avec du béton				

3.3 - Tableau de synthèse des risques

En reprenant la définition du risque établit au paragraphe 2.1, à savoir :

$$\text{RISQUE} = \text{DANGEROSITE} \otimes \text{OCCURRENCE} \otimes \text{PROPAGATION} \otimes \text{VULNERABILITE}$$

nous pouvons donner les tableaux ci-après qui synthétise les données obtenues pour les différentes composantes du risque et indique le niveau atteint pour chaque instabilité repérée.

Les panoramiques permettant de localiser les instabilités se trouvent en annexe 1.

n°Photo	Probabilité de survenance	Délai d'Occurrence	niveau d'instabilité = P'D	probabilité de Propagation	Aléa = I'P	Vulnérabilité	RISQUE A'V =	LEGENDE
1	M	CT	M	Fo	Fo	I	E	Probabilité d'occurrence
2	D	CT	E	Fo	Fo	I	E	TD très dangereux
3	D	CT	E	Fo	Fo	I	E	D dangereux
4	TD	CT	E	Tfo	Tfo	TI	TE	M moyen
5	D	CT	E	Tfo	Tfo	TI	TE	PD peu dangereux
6	D	MT	M	Tfo	Fo	I	E	N nul
7	D	CT	E	Tfo	Tfo	TI	TE	Délai d'occurrence
8	D	TCT	E	Tfo	Tfo	TI	TE	P permanent
9	D	CT	E	Fo	Fo	I	E	TCT très court terme
10	D	CT	E	Tfo	Tfo	I	E	CT court terme
11	N	LT	F	Tfa	Tfa	M	F	MT moyen terme
12	M	MT	M	Fo	Fo	I	E	LT long terme
13	D	CT	E	Fo	Fo	TI	E	Niveau d'instabilité
14	TD	TCT	TE	Fo	Tfo	TI	TE	TE très élevé
15	D	CT	E	Tfo	Tfo	I	E	E élevé
16	D	CT	E	Fo	Fo	TI	E	M moyen
17	D	CT	E	Fo	Fo	I	E	F faible
18	D	TCT	E	Tfo	Tfo	I	E	I inexistant
19	TD	P	TE	Tfo	Tfo	TI	TE	Risque
20	D	CT	E	Fo	Fo	I	E	TE très élevé
21	TD	CT	E	Fo	Fo	I	E	E élevé
22	PD	CT	M	Fo	Fo	M	M	M moyen
23	M	MT	M	Fo	Fo	M	M	F faible
24	M	CT	M	Fo	Fo	M	M	I inexistant
25	TD	P	TE	Tfo	Tfo	TI	TE	Vulnérabilité
26	D	CT	E	Tfo	Tfo	I	E	TI très imp.
27	TD	P	TE	Fo	Tfo	TI	TE	I importante
28	PD	CT	M	M	M	M	M	M moyenne
29	PD	CT	M	M	M	M	M	PI peu imp.
								N nulle
								Aléa
								Tfo très fort
								F fort
								M moyen
								Fa faible
								Tfa très faible
								Probabilité de propagation
								Tfo 9/10
								Fo 7/10
								M 1/2
								Fa 3/10
								Tfa 1/10

3.4 - Définition des travaux

Dans le cadre de cette étude, nous pouvons proposer les solutions ci-après. Elles nécessiteront pour la sécurité du personnel l'interruption temporaire de l'utilisation de la voie de stationnement.

3.4.1. - Purge soignée

Cette méthode s'applique à des volumes instables ne dépassant pas 50 litres mais suffisamment isolés du massif pour ne pas faire apparaître à terme d'autres instabilités.

La purge par une équipe de deux personnes consiste à provoquer de manière plus ou moins contrôlée la chute de blocs. Elle nécessite l'utilisation de technique alpine et l'emploi d'outils simples (pince à purger, vérin, ...). Dans tous les cas, la méthode doit être appliquée avec précaution de manière à ne déstabiliser que le volume souhaité.

Cette méthode peut nécessiter de contrôler la chute des blocs en les guidant si nécessaire par un dispositif spécifique (grillage lesté par exemple), puis à les stabiliser au pied du front rocheux ou à les évacuer au niveau des carrières si possibilité.

3.4.2. - Ancrage passifs

Leur rôle est d'empêcher le mouvement des masses rocheuses homogènes sur les discontinuités. Pour cela, ils n'ont pas besoin de mise en tension préalable (ancrage passif).

Les barres d'acier traversant le volume instable et ancrées dans le massif sain reprennent les efforts en cisaillement. Scellées sur toute la longueur par un coulis de ciment, elles résistent également aux sollicitations en traction. Pour une plus grande efficacité, les ancrages doivent faire un angle avec le plan de cisaillement principal (plan aval ou fissure arrière) légèrement supérieur à 90°. Ces ancrages devront avoir un diamètre de 22 mm pour une limite élastique de 670 MPa, le diamètre de foration sera de 55 mm et la profondeur de 2.0 m en moyenne.

Ces ancrages pourront servir à compléter d'autres méthodes de confortement (filets plaqués, couvertures grillagées, etc.). Ces dispositifs ont un impact visuel et naturel très faible si les têtes d'ancrages sont engravées (dispositif de tête noyée dans la masse à conforter).

3.4.3. - Renforcement par câbles

Le renforcement par câble est une mesure ponctuelle qui s'applique à des éléments difficilement ancrables à cause de leur instabilité marquée, d'un volume global important et d'une vulnérabilité en pied ou en tête trop importante pour la réalisation d'une purge.

Il a pour effet d'empêcher tous mouvements en maintenant en place des blocs parfois volumineux. Le câble est fixé à la paroi par des barres d'acier scellées sur toute leur longueur. Les ancrages sont répartis afin d'assurer un placage efficace.

3.4.4. - Couverture grillagée plaquée

La couverture grillagée est une mesure d'ensemble qui s'applique à des parois présentant des instabilités inférieures à $0,25 \text{ m}^3$, elle doit épouser au mieux la roche. Elle a pour effet d'empêcher tout mouvement quand elle est plaquée.

La protection est constituée par une série de nappes de grillages recouvrant la surface de la falaise à conforter avec chevauchement des lés liés entre eux. Le grillage doit être ancré avec des barres d'acier scellées par un coulis de ciment. Les nappes de grillage peuvent être renforcées par des câbles.

Les nappes de grillages seront fixées en partie haute de manière à ce que les blocs ne puissent passer sous la ligne d'écran inférieure (ligature sur le filet de l'écran avec renforcement par câble).

La pérennité de ce dispositif est d'autant plus importante qu'il est peu sollicité et donc de plaquer au plus près le grillage ce qui en réduit l'entretien (pas de vidage).

Quand ils sont plaqués et que l'éclairage n'est pas direct, les panneaux de grillage sont peu visibles au-delà d'une trentaine de mètres sans un regard attentif.

3.4.1. – Béton projeté

Il s'agit d'une mesure d'ensemble destinée à arrêter l'érosion d'une zone très fracturée ou pour laquelle les éléments sont peu cimentés.

Le dispositif est constitué par des panneaux de treillis soudés épinglés dans le massif et éventuellement renforcés par des ancrages. Avant la projection du béton dont l'épaisseur variera avec l'importance des masses à retenir (épaisseur $< 30 \text{ cm}$), on doit disposer un réseau de barbacanes. Cette mesure permet d'éviter l'augmentation des pressions hydrostatiques en arrière de la paroi qui pourrait aboutir à la ruine de l'ouvrage.

Les bétons peuvent être colorés pour une meilleure intégration dans le site. L'emploi de béton à prise rapide permet de travailler sur des zones extrêmement fragilisées.

3.4.5. - Travaux de maçonnerie et de démolition

❶ Comblement des cavités par ciment et enduit (manuellement)

Cette méthode consiste à reboucher la cavité présente sur le mur en pierre en obturant manuellement l'ensemble avec un ciment ou mortier.

❷ Rejointoiement des murs et reconstruction du mur

Cette méthode consiste à refaire les joints d'un mur en décrochant dans un premier temps puis en rejointoyant l'ensemble. Sur certain endroit le mur est trop endommagé et nécessite une reconstruction partielle à l'aide de pierres et de ciment.

❸ Démolition à l'aide d'un engin mécanique

Cette méthode consiste à démolir à l'aide d'un tracto-pelle un mur en pierre.

4. Recommandations pour le confortement du front rocheux

4.1 - Mise en sécurité générale

L'étude de détail a confirmé la présence de nombreux éléments instables dans un délai de 0 à 10 ans.

La plupart des instabilités homogènes repérées n'excède pas $0,01 \text{ m}^3$ hormis quelques instabilités entre $0,5$ et 1 m^3 . Il s'agit pour la plupart de petits blocs isolés soit désolidarisés du massif soit appartenant au mur sus-jacent.

La morphologie des fronts rocheux avec une hauteur de chute verticale maximale de 9 m environ, contribue à une faible propagation en pied du front rocheux.

Trois différentes méthodes de mise en sécurité du site sont ici proposées :

- **Confortement TYPE 1** : Confortement des instabilités à minima. Seules les zones présentant un risque *Très Elevé* seront traitées. Les méthodes de confortement mise en œuvre sont les plus économiques possibles et visent à traiter uniquement la zone de plus forte fréquentation.
- **Confortement TYPE 2** : Confortement de l'ensemble des instabilités. Les zones présentant des risques *Elevé* seront traitées. Les méthodes de confortement mise en œuvre visent à assurer une protection de l'ensemble des enjeux mais pour des instabilités touchant des enjeux à vulnérabilité au moins importante.
- **Confortement TYPE 3** : Confortement de l'ensemble des instabilités. Les zones présentant des risques *Moyen* seront traitées. Les méthodes de confortement mise en œuvre visent à assurer une protection de l'ensemble des enjeux mais pour des instabilités touchant des enjeux à vulnérabilité modérée.

4.2 - Avant-métré et estimation sommaire

L'avant-métré permettant les calculs a été effectué en tenant compte des adaptations nécessaires à chaque dispositif (surface des filets = surface développée de la masse à conforter par exemple).

L'estimatif qui en résulte ne représente qu'une première approche des coûts, il sera affiné en phase projet. Il tient compte à hauteur d'une provision de 10% des imprévus et des adaptations nécessaires lors des travaux. Une réserve budgétaire de 10 % supplémentaire est à prévoir en fonction de certaines demandes spécifiques du Maître d'ouvrage.

OPTION BETON PROJETE					
N°	POSTE	UNITE	QUANTITE	Prix Unitaire	Prix Total
1	Installation de chantier + protection provisoire	Ft	1	8000	8 000
2	Débroussaillage et traitement racinaire	J	3	800	2 400
3	Purge	J	1,5	800	1 200
4	Ancrage Ø 22 long moy 2 ml	ml	16,5	90	1 485
5	Câblage Ø 22	ml	14	50	700
6	Crayon de blocage Ø 22 long moy 2 ml	ml	5	110	550
7	Béton projeté (ep 15cm, armature TS, ancrage 3 ml)	m²	125	270	33 750
8	Obturation béton	m³	1,46	200	292
9	Rejointoiement	m²	176	80	14 080
10	Maçonnerie générale	Ft	1,5	600	900
11	Démolition tracto pelle	J	1	600	600
TOTAL EN € HT (+ 10% Imprévus)					63 957



**GÉOLOGIE ET INFORMATIQUE APPLIQUÉES
RISQUES – INFRASTRUCTURES – CONSTRUCTIONS
ÉTUDES ACROBATIQUES ET SUBAQUATIQUES**

Mairie d'Orange

Archives municipales

**MISE EN SECURITE DE LA FALAISE ROCHEUSE
MAITRISE D'ŒUVRE – MARCHÉ N°182/2011**

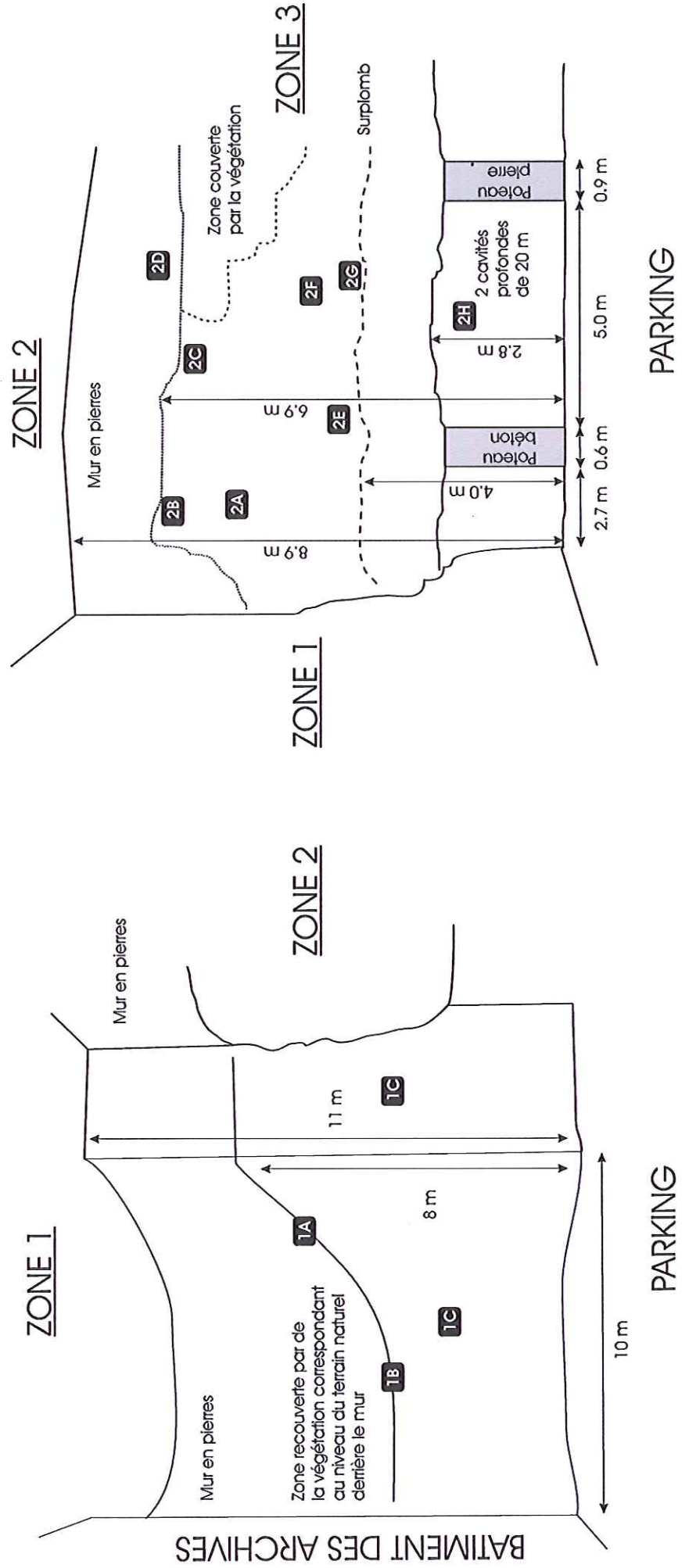
**PHASE DIAGNOSTIC-AVP
MISSION G5**

Annexes



ZONES 1 et 2

sans échelle





ZONE 3



Rupture de pente

Débroussaie 3B

ZONE 2

Surplomb

3A

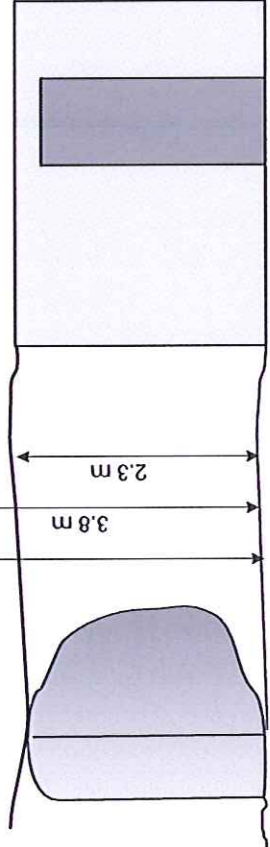
7.3 m

3.8 m

2.3 m

4.4 m

0.9 m



ZONE 4

Rupture de pente

Débroussaie

4A

4B

4C

4F

4G

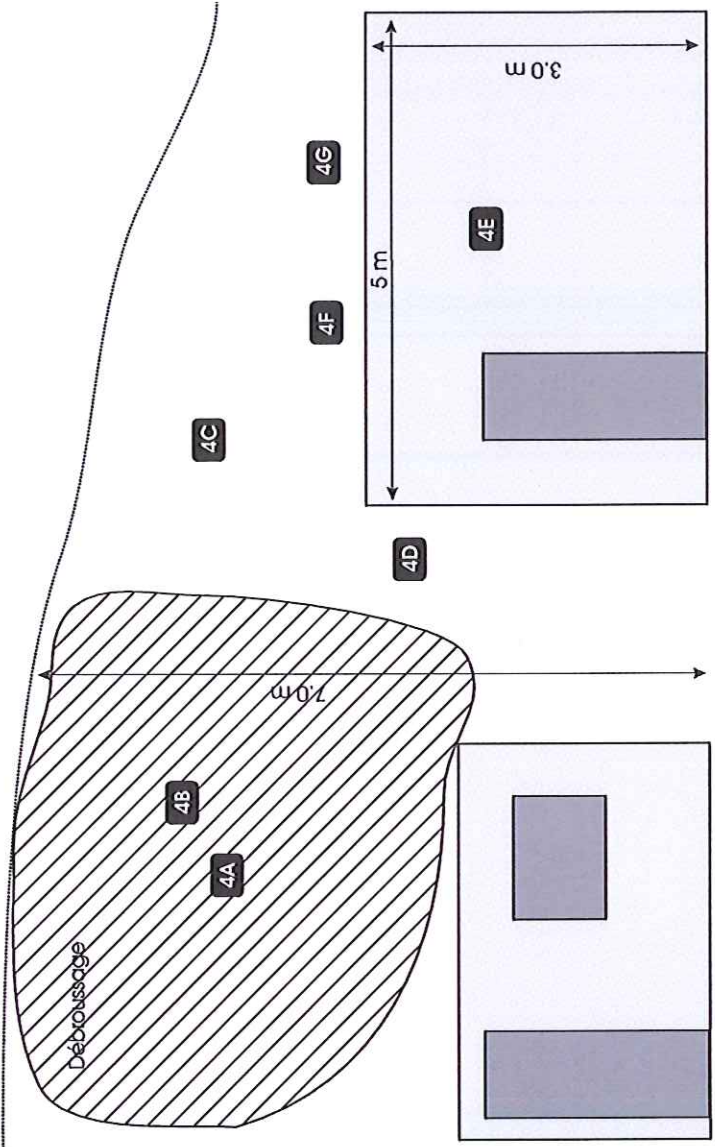
4D

4E

3.0 m

5 m

12 m

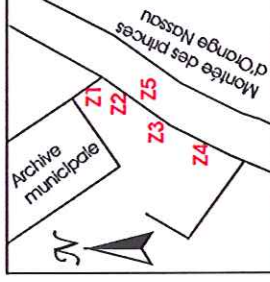


Expertise géotechnique d'un front rocheux
Archive municipale d'Orange
Localisation des instabilités



ZONES 3 et 4

sans échelle





Expertise géotechnique d'un front rocheux
 Archive municipale d'Orange
 Localisation des instabilités

ZONE 5

sans échelle

