



Alpes
Ingé

ADEME



AGENCE DE LA
TRANSITION
ÉCOLOGIQUE



SMA Canari (2B) Sécurisation générale du site Mission G5-G2AVP

Demandeur : ADEME
 Projet : Sécurisation générale du site
 Localisation / Commune : Canari (2B)
 Intervenants :
 ✓ Maître d'ouvrage : ADEME
 ✓ Bureau d'étude : Alpes Inge

Documents fournis ou à disposition : Etudes antérieures réalisées par ALPES INGE

N° d'affaire		AF25-127	N° commande client		BC n°2025005393 & 2025005766
Ind	Date	Modifications	Pages	Établi par	Vérifié par
0	31/03/26	Première émission.	31 + annexe	R. CLAVEL	I. BRUNET
A	23/06/26	Remarques ADEME.	43 + annexe	R. CLAVEL	I. BRUNET
B	13/07/26	Remarques ADEME.	44 + annexe	R. CLAVEL	I. BRUNET

Richard CLAVEL, ingénieur géotechnicien

ALPES INGE
 Ingénierie Conseil
 Eurokato
 38660 SAINT VOISSENT DE MERCUZE
 Tél. 04 76 08 81 84 - Fax 04 76 08 81 85
 E-mail : contact@alpes-inge.com
 Siren 428 143 838

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	5
2	RENSEIGNEMENTS GENERAUX	5
2.1	SITUATION GEOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DU SITE	5
2.2	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET GEOTECHNIQUE LOCAL	6
2.3	DESCRIPTION DES OUVRAGES ET SECTEURS INVESTIGUES	6
3	INVESTIGATION	8
3.1	INSPECTION VISUELLE.....	8
3.2	SONDAGES A LA PELLE	8
3.3	SONDAGES AU PENETROMETRE DYNAMIQUE.....	8
4	INSTRUMENTATION.....	9
4.1	CLINOMETRES.....	9
4.2	FISSUROMETRES	10
5	DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE G5	12
5.1	ECRAN EC1	12
5.1.1	<i>Présentation de l'ouvrage</i>	<i>12</i>
5.1.2	<i>Synthèse des observations.....</i>	<i>12</i>
5.1.3	<i>Diagnostic.....</i>	<i>12</i>
5.2	CRATERE NORD	12
5.2.1	<i>Présentation de la zone.....</i>	<i>12</i>
5.2.2	<i>Description de la gestion des eaux actuelles</i>	<i>12</i>
5.3	MOAK N°1	14
5.3.1	<i>Présentation de l'ouvrage</i>	<i>14</i>
5.3.2	<i>Synthèse des observations.....</i>	<i>15</i>
5.3.3	<i>Diagnostic du sinistre</i>	<i>16</i>
5.3.4	<i>Etude trajectographique</i>	<i>16</i>
5.4	MOAK N°2	21
5.4.1	<i>Présentation de l'ouvrage</i>	<i>21</i>
5.4.2	<i>Synthèse des observations.....</i>	<i>21</i>
5.4.3	<i>Etude trajectographique</i>	<i>22</i>
5.4.4	<i>Diagnostic.....</i>	<i>24</i>
5.5	MOAK N°3	25
5.5.1	<i>Présentation de l'ouvrage</i>	<i>25</i>
5.5.2	<i>Synthèse des observations.....</i>	<i>25</i>
5.5.3	<i>Etude trajectographique</i>	<i>25</i>
5.5.4	<i>Diagnostic.....</i>	<i>27</i>
5.6	EXUTOIRE N°3	27
5.6.1	<i>Présentation de l'ouvrage.....</i>	<i>27</i>
5.6.2	<i>Synthèse des observations.....</i>	<i>28</i>

5.6.3	Diagnostic	29
5.7	VERSE SURMONTANT LE TECCO – ZONE 20	29
5.7.1	Présentation de la zone.....	29
5.7.2	Synthèse des observations.....	29
5.7.3	Risques chutes de blocs.....	30
5.7.4	Etude trajectographique	30
5.7.5	Diagnostic.....	32
5.8	EPERON ROCHEUX SURMONTANT LA RT80 – ZONE 19	32
5.8.1	Présentation de la zone.....	32
5.8.2	Synthèse des observations.....	32
5.8.3	Risques chutes de blocs.....	32
5.8.4	Diagnostic.....	33
6	DEFINITION DES TRAVAUX A METTRE EN ŒUVRE	33
6.1	ECRAN EC1	33
6.2	CRATERE NORD	34
6.3	MOAK N°1	38
6.4	MOAK N°2	40
6.5	MOAK N°3	40
6.6	EXUTOIRE N°3	40
6.7	VERSE SURMONTANT LE TECCO – ZONE 20	40
6.8	EPERON ROCHEUX SURMONTANT LA RT80 – ZONE 19	41
6.9	TABLEAU RECAPITULATIF DES TRAVAUX A REALISER	42
7	ESTIMATION DU MONTANT DES TRAVAUX.....	43
8	CONCLUSION.....	44

ANNEXES

Annexe 1 – NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE

Annexe 2 - INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES

Annexe 3 – FICHE DIAGNOSTIC

Annexe 4 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DIAGNOSTIC

Annexe 5 – METHODE D'ANALYSE DU RISQUE ROCHEUX

Annexe 6 – PLANS

Annexe 7 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES TRAVAUX

1 INTRODUCTION

A la demande et pour le compte de l'ADEME, Alpes Ingé a été missionné pour réaliser le diagnostic et l'étude géotechnique concernant la sécurisation générale du site SMA, sur la commune de Canari (2B).

Cette étude vise à diagnostiquer les ouvrages de gestion des différents risques naturels identifiés par l'ADEME et à définir les travaux d'entretien, de réparation ou de remplacement à mener.

Cette étude est basée sur 3 visites de site réalisées les :

- ✓ 02 décembre 2025 en présence de M. VIGNAUD, ADEME
- ✓ 18 décembre 2025
- ✓ 12 janvier 2026

Ainsi que sur les données provenant de deux fissuromètres installés le 20 novembre 2025.

Le présent indice intègre les remarques formulées par l'ADEME.

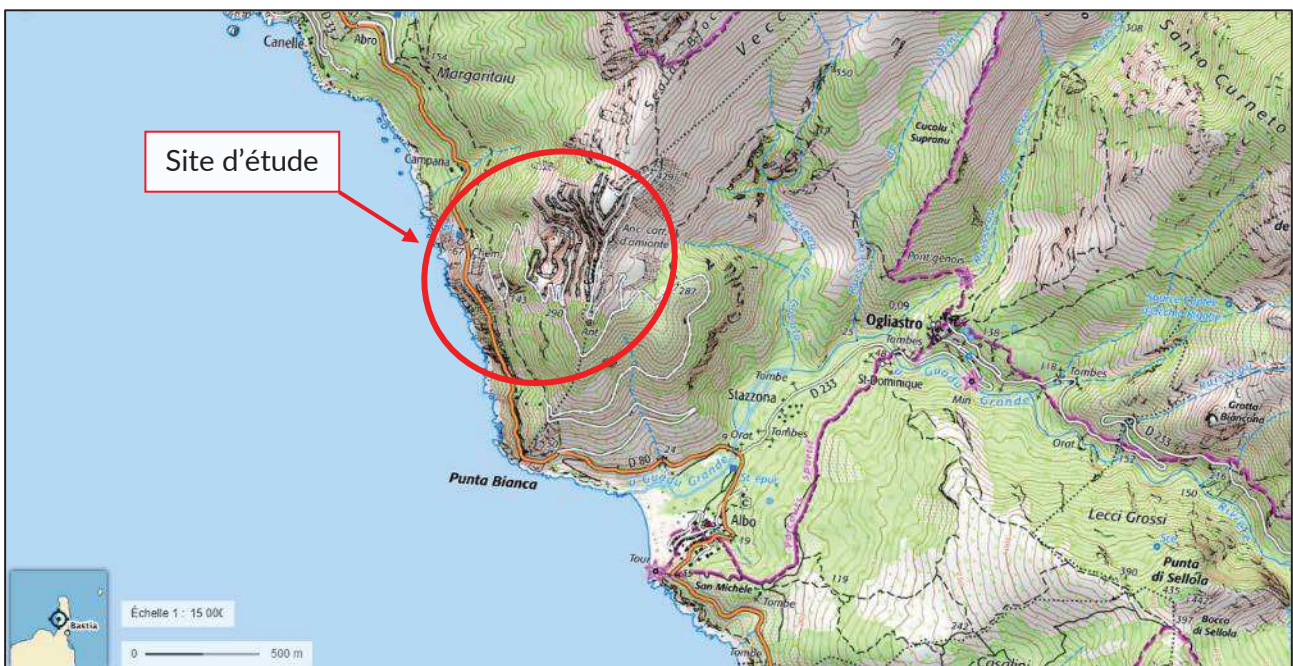
En référence à la norme NF P 94-500 – Classification des missions types d'ingénierie géotechnique – qui figure en **annexe 1** de ce rapport, notre mission s'inscrit dans le cadre d'une étude géotechnique de diagnostique (G5) et d'avant-projet (G2AVP).

NB : la bonne réalisation de cette mission ne supprimera jamais les risques naturels en domaine de montagne, notamment : chutes de blocs, éboulements, glissements de terrains, avalanches. Il ne peut pas y avoir obligation de résultat dans ce domaine. Par conséquent, la surveillance et l'entretien des installations dans le temps sont nécessaires vis-à-vis des risques naturels.

2 RENSEIGNEMENTS GENERAUX

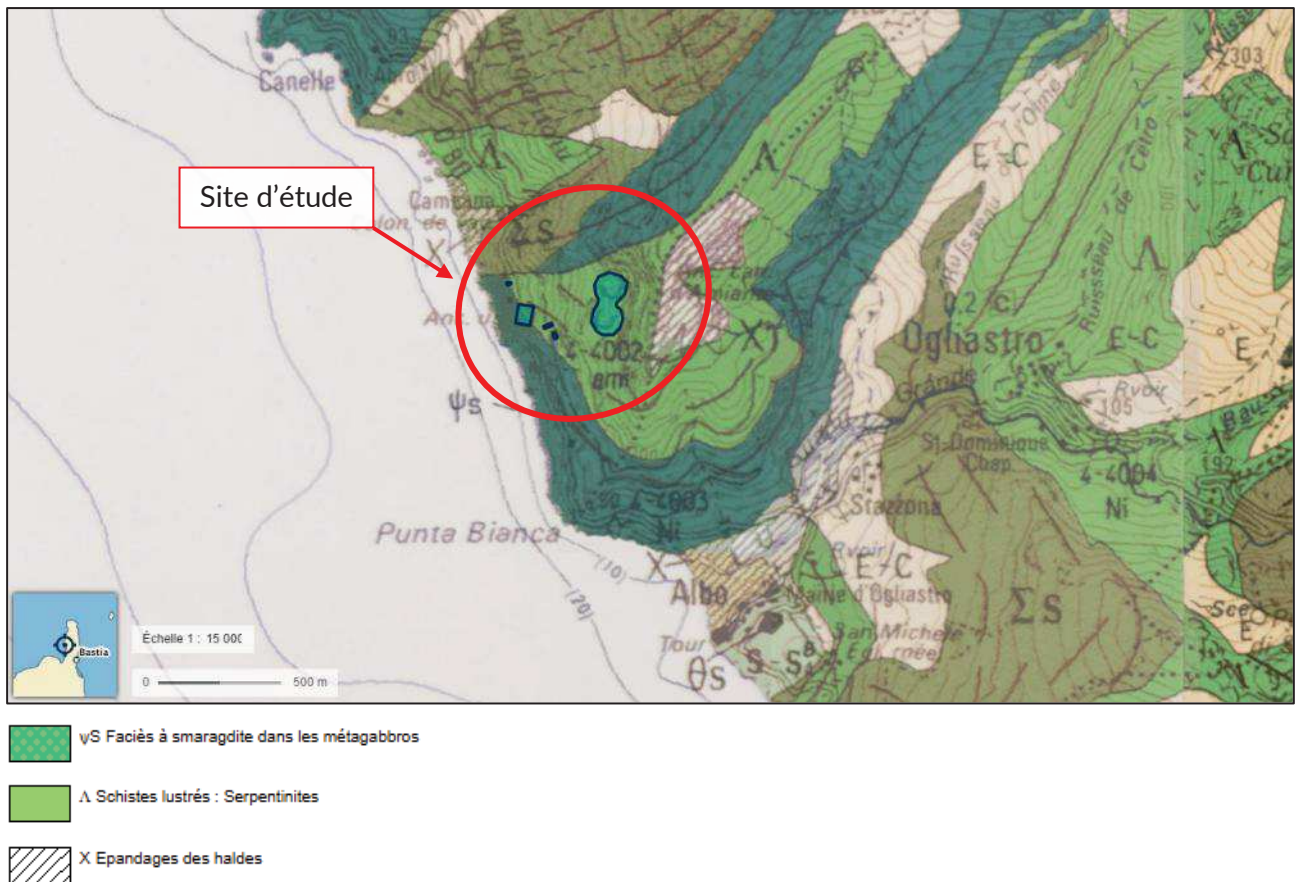
2.1 Situation géographique et description du site

L'étude concerne l'ancienne carrière d'amiante de Canari (2B). Elle est située en amont de la RT80 à une altitude comprise entre 50 et 300 m NGF.



Extrait de la carte IGN du secteur d'étude (www.geoportail.gouv.fr)

2.2 Contexte géologique et géotechnique local



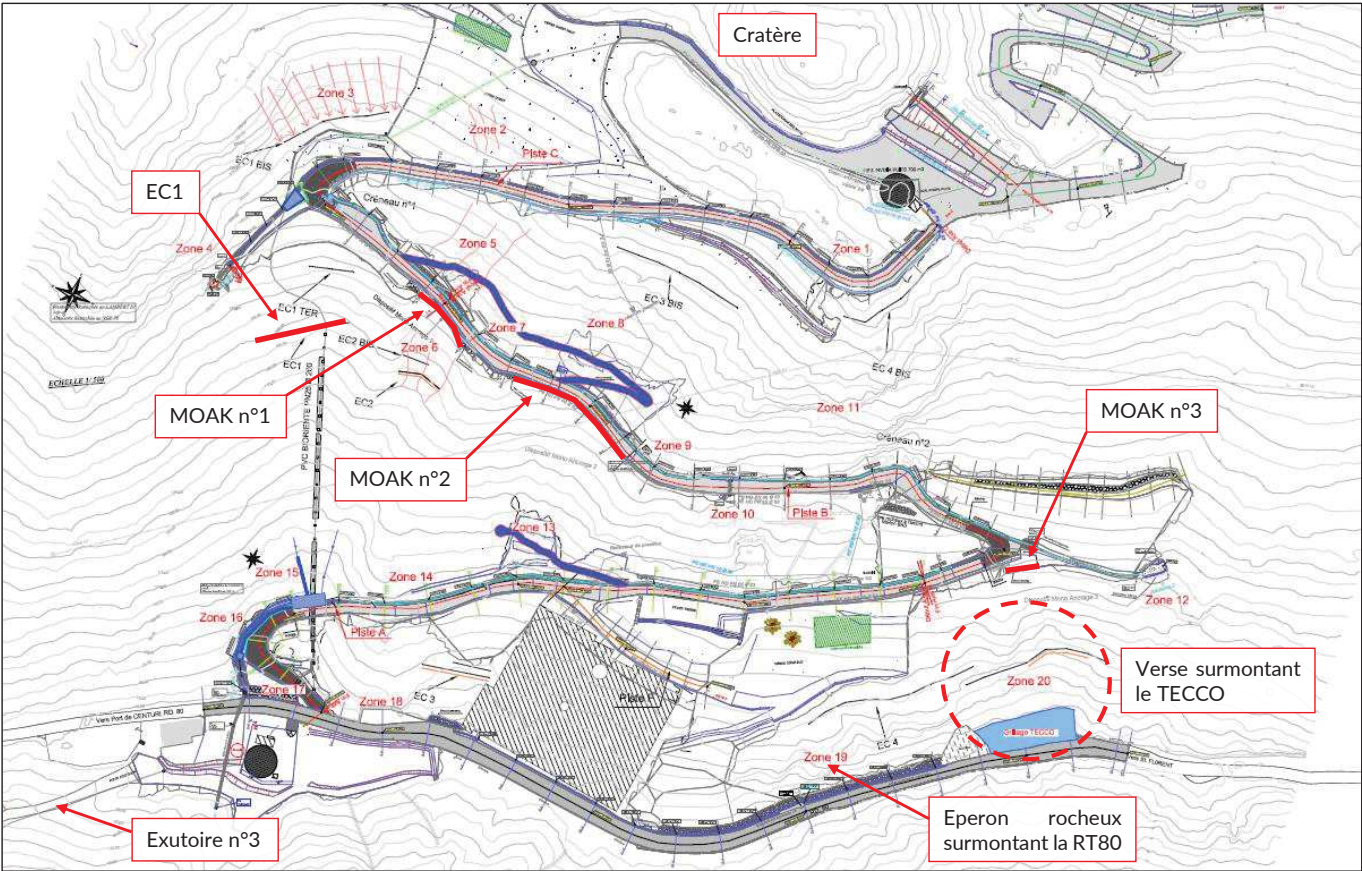
Extrait de la carte géologique du site au 1/50000ème (www.geoportail.gouv.fr)

2.3 Description des ouvrages et secteurs investigués

Les ouvrages et secteurs investigués dans le cadre de cette mission sont les suivants :

- ✓ Ecran EC1
- ✓ Cratère Nord
- ✓ MOAK n°1
- ✓ MOAK n°2
- ✓ MOAK n°3
- ✓ Exutoire n°3
- ✓ Verse surmontant le TECCO – Zone 20
- ✓ Eperon rocheux surmontant la RT80 – Zone 19

Les emplacements des différents secteurs d'étude sont présentés sur la figure ci-dessous :



3 INVESTIGATION

Dans le cadre de cette étude il a été réalisé les investigations suivantes :

3.1 Inspection visuelle

L'ensemble des secteurs ont été parcouru de manière à constater visuellement les désordres et les sujets à traiter dans le cadre de notre mission. Les visites suivantes ont été réalisées :

- ✓ 02 décembre 2025 visite commune avec l'ADEME en présence de M. VIGNEAU ;
- ✓ 18 décembre 2025 inspection générale des zones à traiter ;
- ✓ 12 janvier 2026 inspection d'urgence consécutive à l'effondrement du MOAK 1.

La synthèse de nos observations sont décrites dans le diagnostic au §5.

3.2 Sondages à la pelle

Deux sondages à la pelle ont été réalisés au niveau des MOAK 1 et 2, la synthèse des matériaux rencontrés est présentée ci-dessous :

Sondage	Position	Nature du sol	Prof. de la base
PM1	MOAK 1	Remblais compactes de la piste	1,5 m/TN
		Stériles	> 1,6/TN
PM2	MOAK 2	Remblais compactes de la piste	1,7 m/TN
		Stériles	> 1,6/TN

Ces sondages ont également permis de reconnaître l'état des structures métalliques enterrées, ces éléments sont présentés dans les planches photographiques en **annexe 4**.

Les PV détaillés des sondages ainsi qu'un plan d'implantation sont présentés en **annexe 2**.

3.3 Sondages au pénétromètre dynamique

Deux sondages au pénétromètre dynamique léger PANDA® ont été réalisés au fond des sondages à la pelle pour évaluer les caractéristiques des terrains sous-jacent, la synthèse des résultats est présentée ci-dessous :

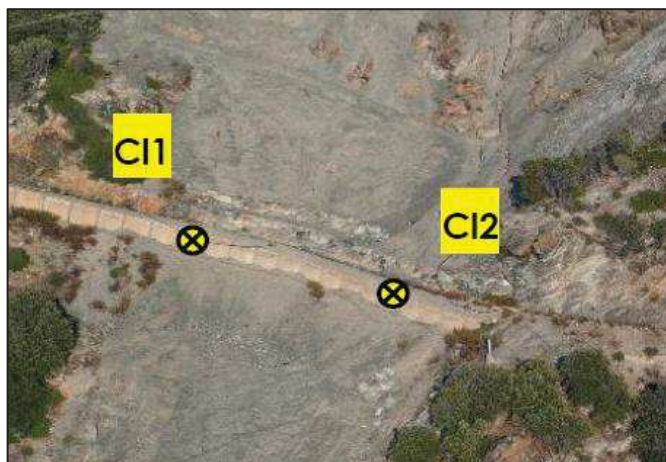
Sondage	Position	Nature du sol	Prof. de la base	Résistance dynamique de pointe qd
Pdy1	PM1	Stériles compactes	1,5 m/TN	4 à 6 MPa
		Stériles lâches	> 2,7 m/TN	2 à 4 MPa
Pdy2	PM2	Stériles lâches	1,0 m/TN	2 à 4 MPa
		Stériles compactes	> 2,7 m/TN	4 à 6 MPa

Les PV détaillés des sondages ainsi qu'un plan d'implantation sont présentés en **annexe 2**.

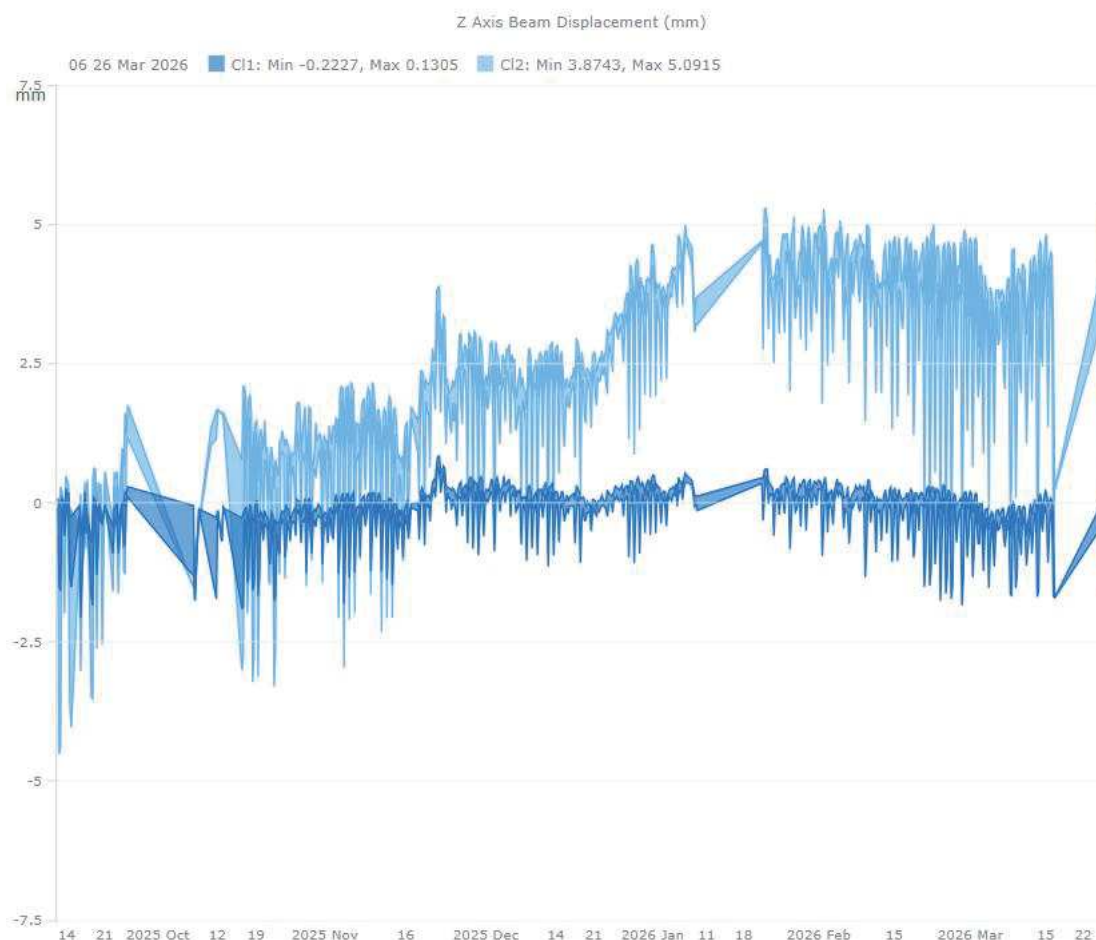
4 INSTRUMENTATION

4.1 Clinomètres

Dans le cadre des travaux de démolition de l'usine, deux clinomètres ont été mis en œuvre sur le MOAK 2 selon la figure ci-dessous :



Les données recueillies depuis la pose de ces capteurs sont les suivantes :



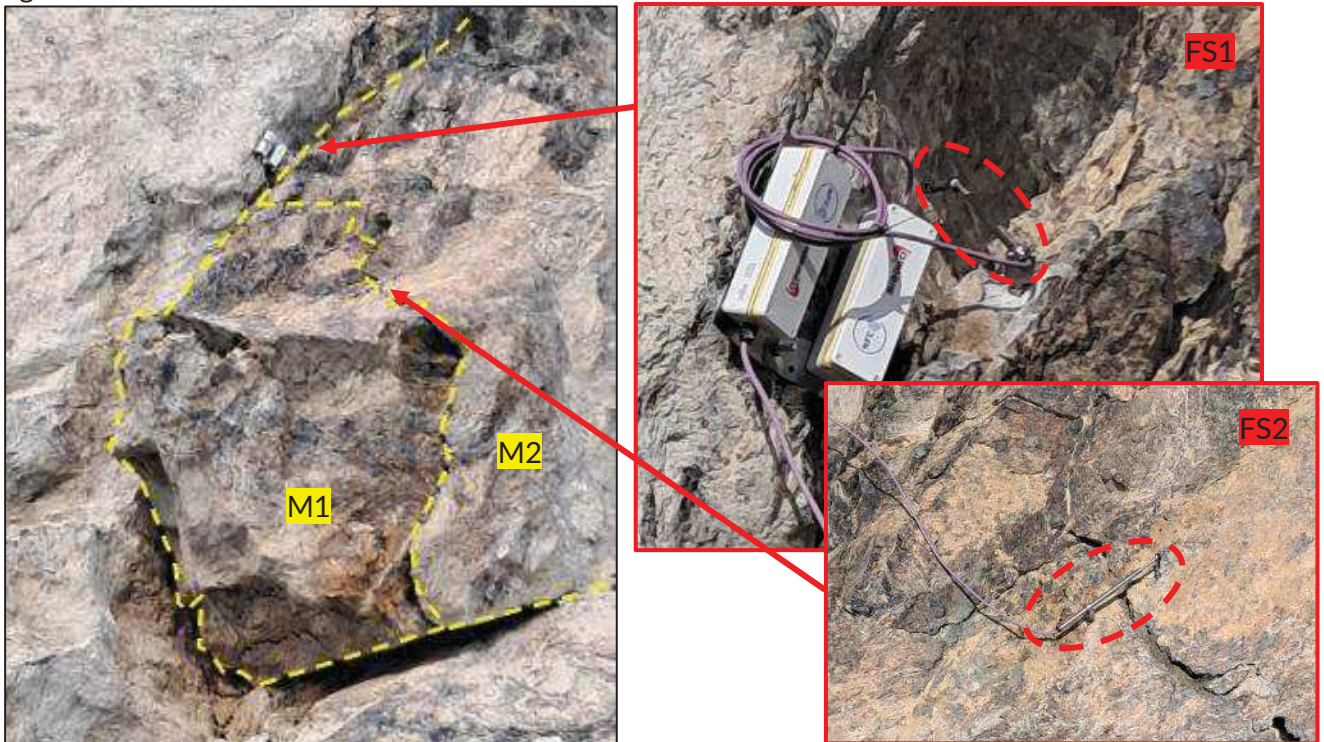
Les déplacements sont très faibles voire nulles au niveau de CI1, en effet, on observe principalement de la dilatation thermique journalière.

Les déplacements sont faibles au niveau de CI2, de l'ordre de 5 mm maximum.

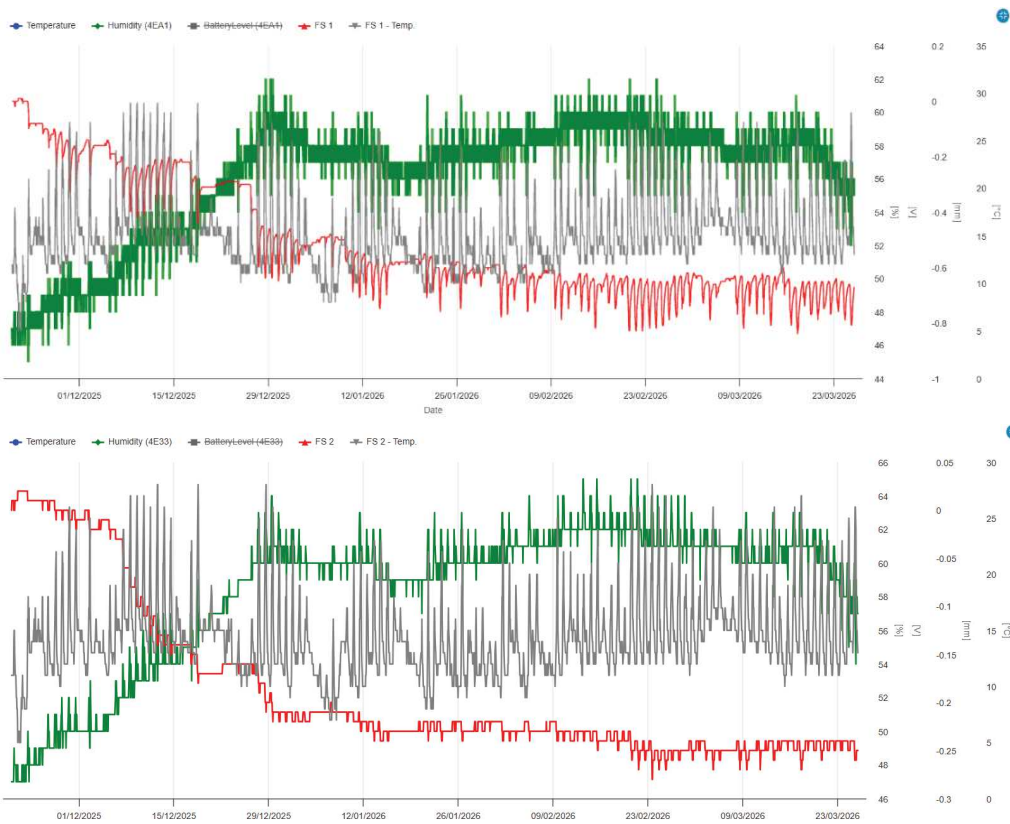
Ces capteurs ont été démontés prochainement en raison de l'avancement de la démolition.

4.2 Fissuromètres

Les masses M1 et M2 ont été instrumentées à l'aide de deux fissuromètres automatiques selon la figure ci-dessous :



Les données recueillies depuis la pose de ces capteurs sont les suivantes :



FS1 (M1)

On observe une fermeture de la fissure suivie de 0,80 mm principalement entre novembre 2025 et janvier 2026. Cette fermeture est inversement proportionnelle à la hausse de l'humidité entre novembre et janvier de 45 à 60%. Le déplacement tout comme l'humidité se sont stabilisé depuis janvier 2026.

FS2 (M2)

On observe une fermeture de la fissure suivie de 0,25 mm principalement entre novembre 2025 et janvier 2026. Cette fermeture est inversement proportionnelle à la hausse de l'humidité entre novembre et janvier de 45 à 60%. Le déplacement tout comme l'humidité se sont stabilisé depuis janvier 2026.

Général

Les déplacements mesurés semblent principalement corrélés avec l'humidité. La poursuite de ce suivi sur une année entière à minima permettra d'évaluer la stabilité de ces deux compartiments.

5 DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE G5

5.1 Ecran EC1

5.1.1 Présentation de l'ouvrage

L'ouvrage EC1 est un écran de sécurisation pare-blocs présentant les caractéristiques suivantes :

- ✓ longueur 40 ml soit 4 modules de 10 m
- ✓ hauteur utile 2 m
- ✓ nappe ASM 350 doublé d'un grillage simple torsion 50x50 mm
- ✓ classe 3 soit une énergie maximale de 200 kJ

Il se situe dans le talus en aval de l'épingle faisant limite entre les pistes B et C.

5.1.2 Synthèse des observations

Sur place nous avons réalisé les observations suivantes :

- ✓ les modules 1 et 2 sont remplis de matériaux, leurs hauteurs résiduelles d'interception sont respectivement de 1 et 0,5 m. Des banquettes se sont donc formées en amont de ces ouvrages ;
- ✓ un arbre est tombé sur le module 2 ;
- ✓ le poteau P3 est incliné et son hauban amont est descellé et tordu ;
- ✓ le poteau P5 est couché, l'ancrage de son hauban amont étant cisailé ;
- ✓ les ancrages sont globalement corrodés ;
- ✓ les dissipateurs d'énergie sont en bon état ;
- ✓ les câbles et grillage à l'air libre sont en bon état, ceux en contact avec les matériaux sont moyennement corrodés.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans la fiche diagnostic présentées en annexe 2.

5.1.3 Diagnostic

L'état général de cet ouvrage peut être qualifié de mauvais. Cependant les aléas chute de blocs en amont sont réduits par rapport à sa création (construction de la piste B depuis notamment). Les banquettes formées ainsi que les hauteurs d'interception résiduelles paraissent suffisantes moyennant quelques travaux d'adaptation.

5.2 Cratère Nord

5.2.1 Présentation de la zone

Deux cratères existent en partie haute du site, notre étude portera sur celui situé le plus au nord.

Ce cratère est constitué de multiples risbermes rocheuses successives, les fronts de taille présentent des volumes instables.

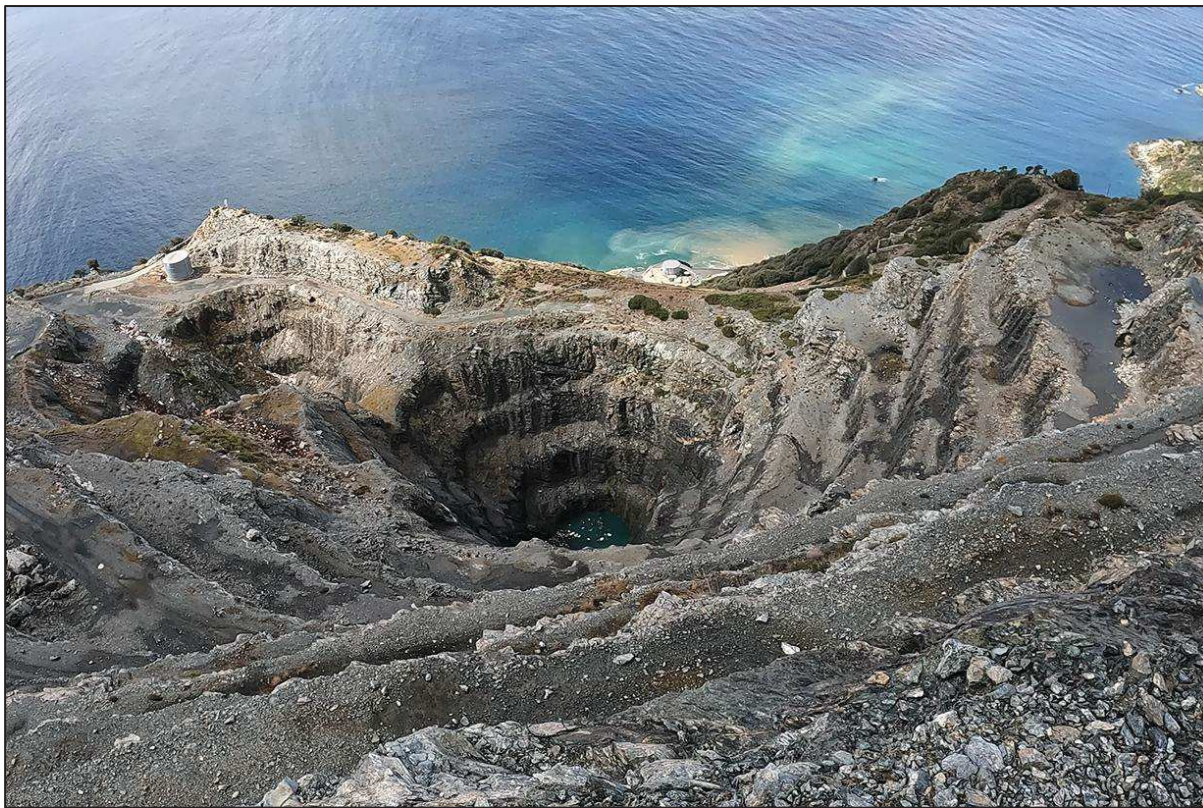
5.2.2 Description de la gestion des eaux actuelles

En période pluvieuse de nombreuses circulations d'eau provenant de l'amont sont visibles dans le cratère.

Le cratère étant à ciel ouvert il capte également les précipitations en plus des eaux d'infiltrations précédemment citées.

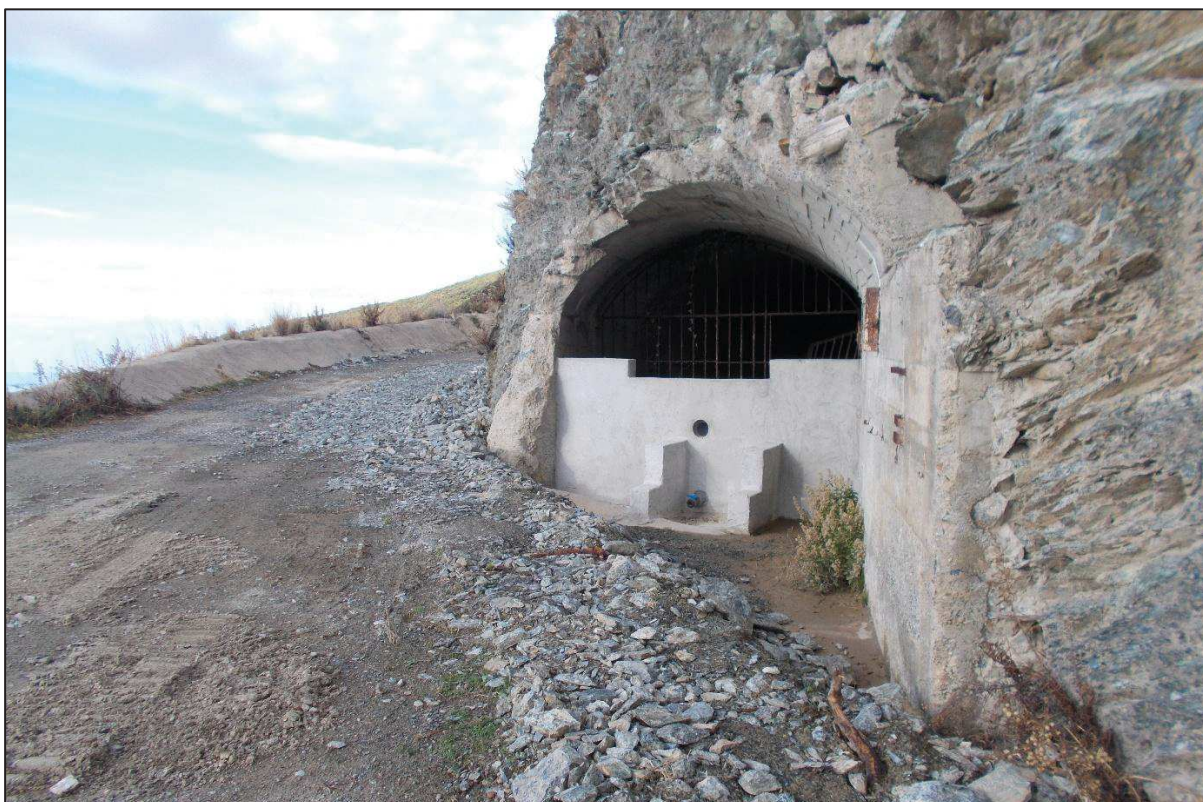
Les eaux collectées en fond (circulations + précipitations) sont acheminées gravitairement jusqu'au versant principal du site via l'ancienne galerie souterraine de transport du minéral. Cette dernière débouche au niveau de la piste B à proximité de l'ancien concasseur. Les eaux collectées rejoignent alors le système de gestion des eaux pluviales du site.

Depuis la diffusion du présent rapport indice 0, l'ADEME nous a diffusé de multiples vidéos du site durant d'importantes précipitations. On constate sur ces dernières que le cratère nord joue le rôle de bassin tampon, en effet de l'eau est visible au fond sur l'extrait de la vidéo suivant :



De la même manière on constate que de l'eau est stocké sur les risbermes.

Après discussion avec l'ADEME, il s'avère que les galeries sont bouchées par un mur en maçonnerie équipé de buses de manière à assurer le rôle de bassin tampon :



5.3 MOAK n°1

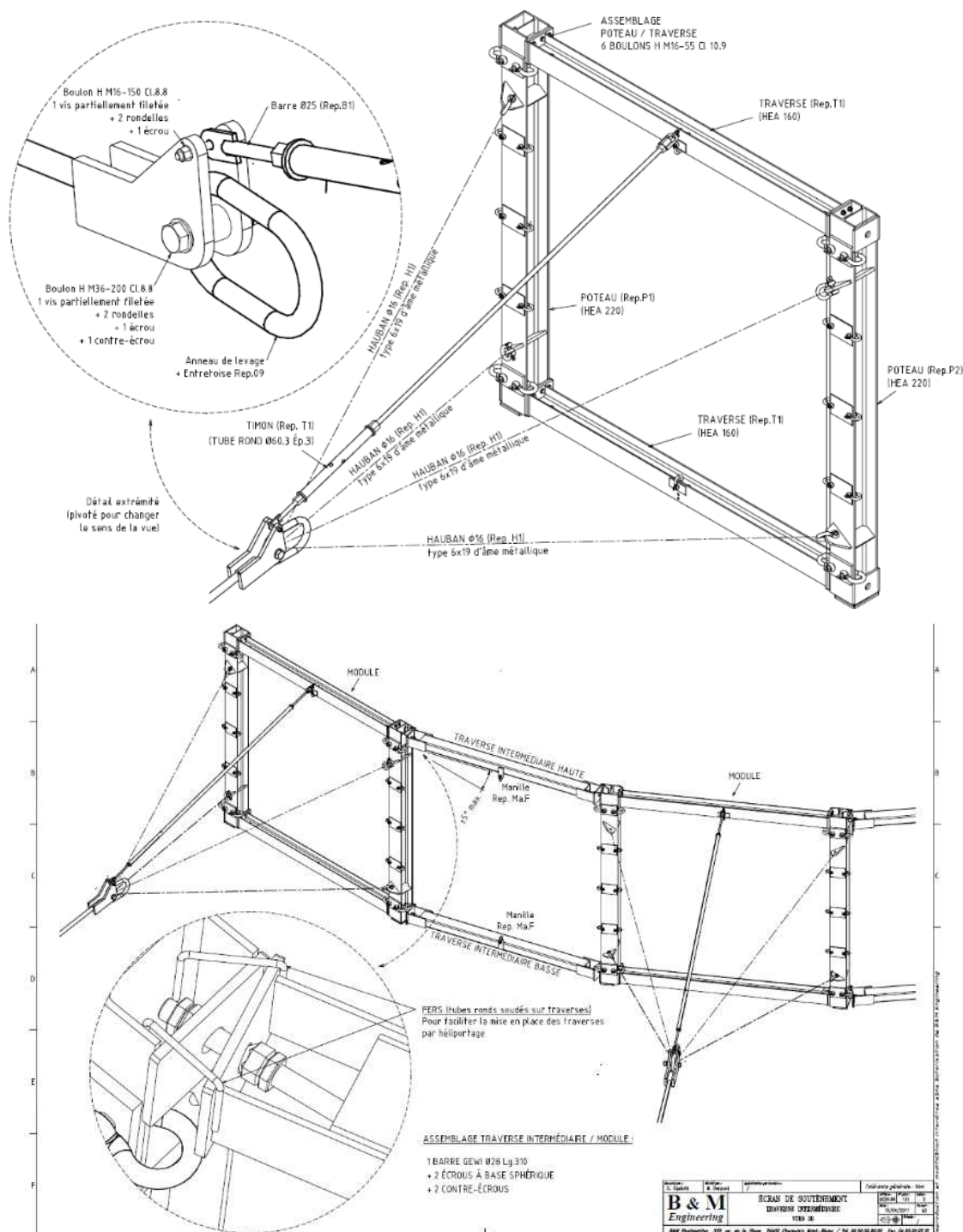
5.3.1 Présentation de l'ouvrage

Le linéaire du MOAK n°1 est de 27 m soit 11 modules.

Le système MOAK est composé de :

- ✓ soutènements modulaires carrés de 2,5 m de côté ancré ;
- ✓ traverses hautes et basses disposées entre les modules principaux.

Les schémas à notre disposition sont présentés ci-dessous :



5.3.2 Synthèse des observations

Le MOAK n°1 s'est effondré presque entièrement en début d'année 2026 à la suite d'intempéries exceptionnelles, il a fait l'objet d'un diagnostic et d'investigations spécifiques pour identifier la cause de ce sinistre :

- ✓ un sondage à la pelle PM1 a été réalisé de manière à reconnaître l'état des éléments métalliques enterrés le constituant ;
- ✓ un sondage au pénétromètre dynamique Pdy1 a été réalisé au fond du sondage à la pelle pour évaluer la portance des terrains sous-jacent.

Les résultats de ces investigations sont présentés au §3.

Les observations que nous avons pu faire au cours de notre diagnostic sont les suivantes :

- ✓ le grillage est très fortement altéré par la corrosion ;
- ✓ le géosynthétique filtrant est généralement endommagé à l'arrière du grillage ;
- ✓ les traverses et les poteaux sont corrodés en surface ;
- ✓ les haubans sont fortement altérés par la corrosion ;
- ✓ les cosse-cœurs sont fortement altérés par la corrosion ;
- ✓ la chape de fixation est corrodée en surface ;
- ✓ les boucles sont en bon état ;
- ✓ la barre d'ancrage est corrodée en surface.

Les éléments identifiés comme défaillant sont les haubans de tête, deux types de rupture de ces derniers ont été constaté sur site :

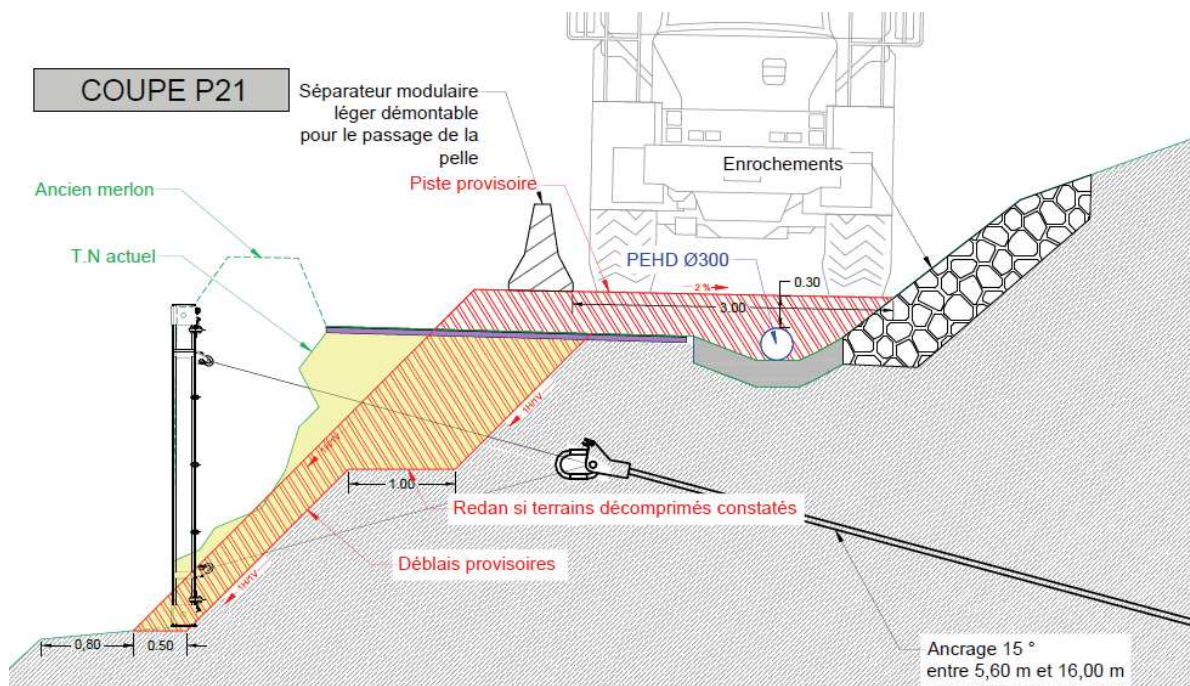
- ✓ rupture du sertissage du hauban coté parement ;
- ✓ rupture du hauban lui-même au niveau du terrain encore en place.

Le jour de notre visite les haubans de pied étaient encore en place et sous tension, ils maintiennent le MOAK dans pente.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

A ce jour, la piste a fait l'objet de travaux de terrassement provisoires visant à rétablir ponctuellement la circulation sur la piste B dans le but de finaliser les travaux de démolition des bâtiments en aval.

Les travaux réalisés sont présentés sur la coupe ci-dessous :



5.3.3 Diagnostic du sinistre

A l'époque où les MOAK ont été mis en œuvre, la poussière sur la piste B était abattue par aspersion régulière d'eau de mer, l'infiltration de ces eaux agressives a causé la corrosion rapide des éléments métalliques non protégés et enterrés et notamment des haubans. Les précipitations exceptionnelles des jours précédents le sinistre ont humifiés les terrains supportés par le MOAK, augmentant ainsi la poussée appliquée sur l'ouvrage. L'un des haubans de tête dont la résistance était largement affaiblie par la corrosion a lâché en premier, reportant ainsi l'effort sur les haubans voisins également altérés par la corrosion. Les MOAK étant connectés entre eux au moyen des traverses, la rupture s'est propagée de hauban en hauban jusqu'à concerner tout le linéaire.

5.3.4 Etude trajectographique

Deux modélisations ont été réalisées :

- la première visant à étudier l'influence de la diminution de la largeur de la piste lié aux travaux de reprofilage d'urgence réalisés sur les trajectoires provenant de la verse en amont ;
- la seconde consistant à étudier la propagation de ces mêmes blocs ou des remblais de la piste en cas de rupture du MOAK.

Les caractéristiques des blocs ont été prises en compte sur la base de nos observations soit la chute naturelle d'un bloc d'un volume de 50 L depuis la tête de la verse.

Les modélisations trajectographiques ont été réalisées avec le logiciel ROCPRO3D, à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) basé sur les campagnes nationales de levé LIDAR HD de 2023.

L'objectif de ces modélisations est de définir, pour une source et un volume de départ donné, les points suivants :

- Les différentes trajectoires plausibles (hauteurs de rebond, points d'impact et points d'arrêt),
- Les énergies en jeux,
- Les vitesses et durées de propagation des blocs.

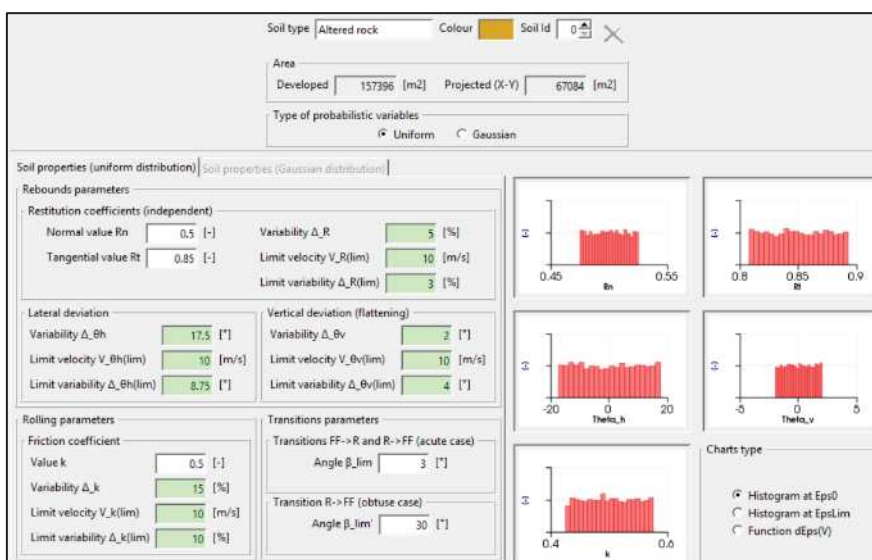
Ces différentes caractéristiques permettront si besoin de dimensionner les protections appropriées.

Les paramètres de sols sont définis afin de prendre en considération :

- les paramètres de rebond, qui permettent de modéliser la restitution des vitesses normales et tangentielles et de faire varier l'angle de rebond horizontal et vertical,
- les paramètres de glissement, composés d'un coefficient de glissement et d'un angle limite de rebond au-dessous duquel la pierre ne rebondit plus et se met à rouler.

Dans le cadre de cette étude, trois types de sols ont été créés. Leurs caractéristiques ont été calées sur des données issues de la bibliographie, de l'expérimentation du CETE et des observations de terrain :

- ✓ Sol n°0 : Rocher altéré (pente > 45°)



The screenshot displays the ROCPRO3D software interface for configuring soil properties. The 'Soil type' is set to 'Altered rock' with a yellow color and 'Soil id' 0. The 'Area' section shows 'Developed' as 157396 [m2] and 'Projected (X-Y)' as 67084 [m2]. The 'Type of probabilistic variables' is set to 'Uniform'. The 'Soil properties (uniform distribution)' section is active, showing parameters for rebounds, lateral deviation, vertical deviation, and rolling. The 'Rebounds parameters' section includes 'Restitution coefficients (independent)' with 'Normal value Rn' at 0.5 and 'Tangential value Rt' at 0.85, and 'Limit velocity V_R(lim)' at 10 [m/s]. The 'Lateral deviation' section shows 'Variability Δ_θh' at 17.5 [°] and 'Limit velocity V_θh(lim)' at 10 [m/s]. The 'Vertical deviation (flattening)' section shows 'Variability Δ_θv' at 2 [°] and 'Limit velocity V_θv(lim)' at 10 [m/s]. The 'Rolling parameters' section shows 'Friction coefficient' with 'Value k' at 0.5 and 'Limit velocity V_k(lim)' at 10 [m/s]. The 'Transitions parameters' section shows 'Angle β_lim' at 3 [°]. The 'Charts type' section shows 'Histogram at Eps0' selected. The interface also includes several histograms for Rn, Rt, θh, θv, and k.

✓ Sol n°1 : Eboulis meuble (pente < 45°)

Soil type Colour Soil Id

Area
Developed [m2] Projected (X-Y) [m2]

Type of probabilistic variables
☒ Uniform ☐ Gaussian

Soil properties (uniform distribution) | Soil properties (Gaussian distribution)

Rebounds parameters

Restitution coefficients (independent)

Normal value R_n [-] Variability Δ_R [%]
Tangential value R_t [-] Limit velocity $V_{R(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_R(lim)$ [%]

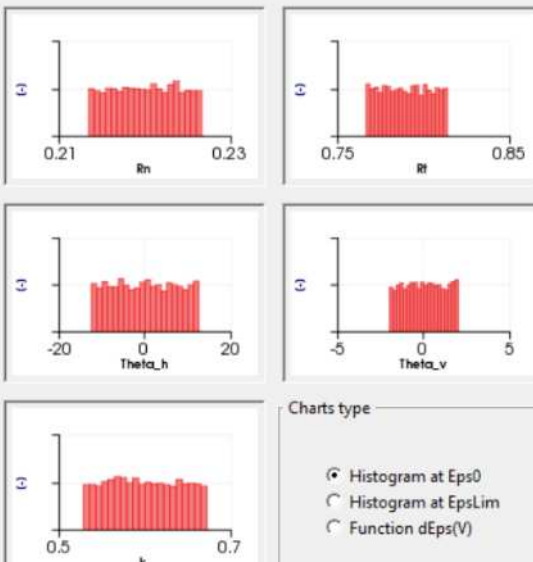
Lateral deviation
Variability $\Delta_{\theta h}$ [°]
Limit velocity $V_{\theta h(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_{\theta h(lim)}$ [°]

Vertical deviation (flattening)
Variability $\Delta_{\theta v}$ [°]
Limit velocity $V_{\theta v(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_{\theta v(lim)}$ [°]

Rolling parameters
Friction coefficient
Value k [-]
Variability Δ_k [%]
Limit velocity $V_{k(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_k(lim)$ [%]

Transitions parameters
Transitions FF->R and R->FF (acute case)
Angle β_{lim} [°]
Transition R->FF (obtuse case)
Angle $\beta_{lim'}$ [°]

Charts type
☒ Histogram at Eps0
☐ Histogram at EpsLim
☐ Function dEps(V)



✓ Sol n°2 : Sol meuble (piste)

Soil type Colour Soil Id

Area
Developed [m2] Projected (X-Y) [m2]

Type of probabilistic variables
☒ Uniform ☐ Gaussian

Soil properties (uniform distribution) | Soil properties (Gaussian distribution)

Rebounds parameters

Restitution coefficients (independent)

Normal value R_n [-] Variability Δ_R [%]
Tangential value R_t [-] Limit velocity $V_{R(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_R(lim)$ [%]

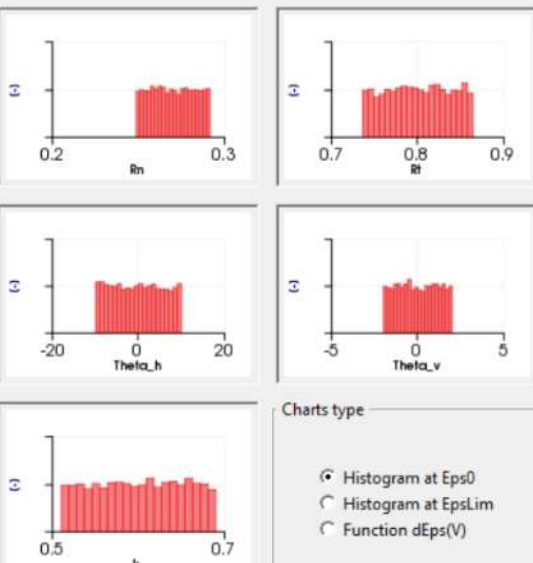
Lateral deviation
Variability $\Delta_{\theta h}$ [°]
Limit velocity $V_{\theta h(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_{\theta h(lim)}$ [°]

Vertical deviation (flattening)
Variability $\Delta_{\theta v}$ [°]
Limit velocity $V_{\theta v(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_{\theta v(lim)}$ [°]

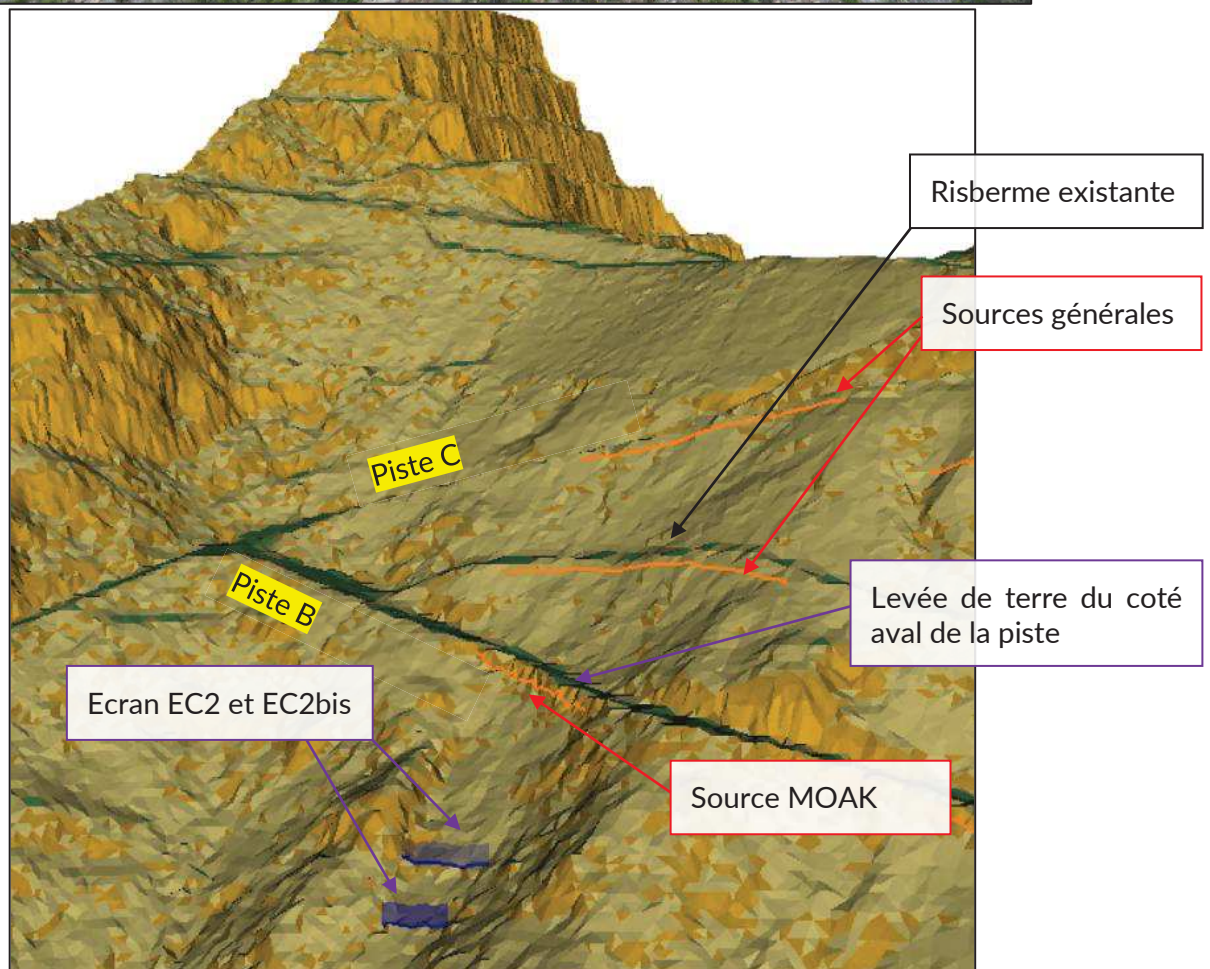
Rolling parameters
Friction coefficient
Value k [-]
Variability Δ_k [%]
Limit velocity $V_{k(lim)}$ [m/s]
Limit variability $\Delta_k(lim)$ [%]

Transitions parameters
Transitions FF->R and R->FF (acute case)
Angle β_{lim} [°]
Transition R->FF (obtuse case)
Angle $\beta_{lim'}$ [°]

Charts type
☒ Histogram at Eps0
☐ Histogram at EpsLim
☐ Function dEps(V)

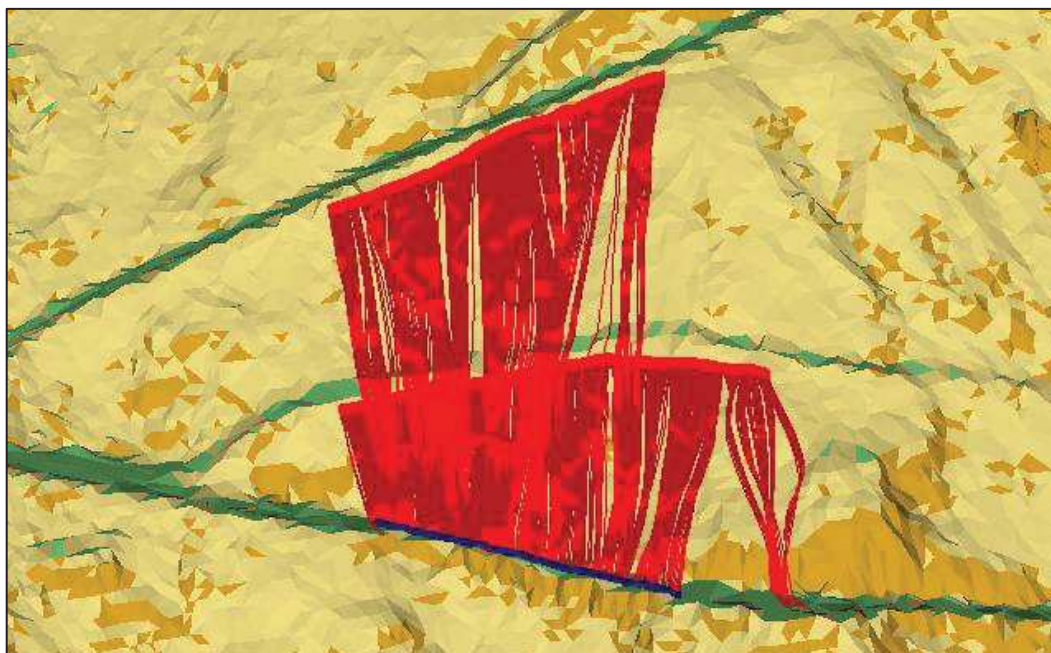


Le modèle représente la verse dans le couloir où se trouve le MOAK 1.



Modélisation n°1 - Influence de la diminution de la largeur de la piste sur les trajectoires

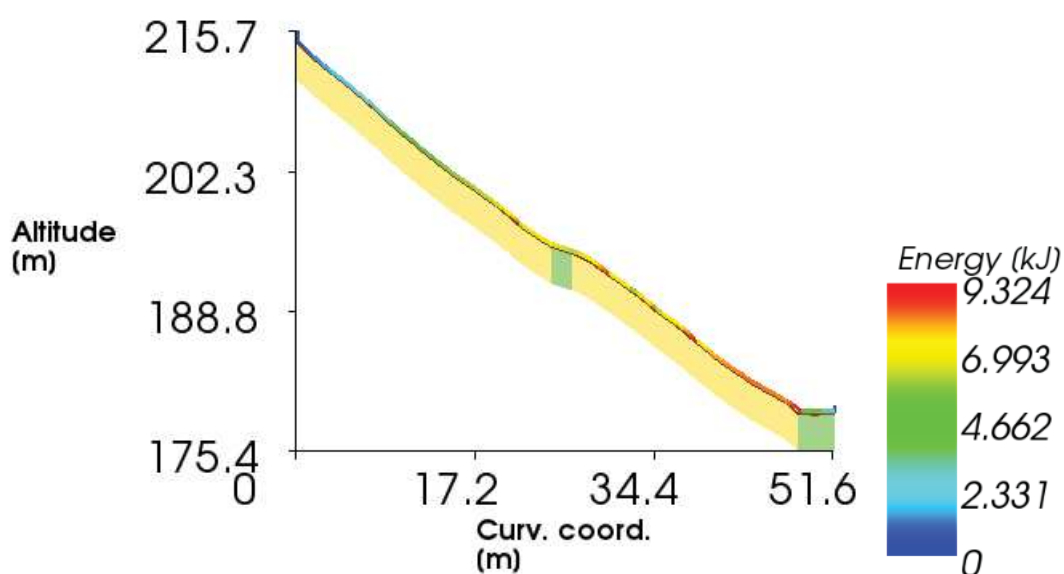
Les chutes de blocs naturelles ont été modélisées, la répartition des trajectoires est la suivante :



Cette piste ayant pour vocation initiale de protéger l'aval des chutes de blocs, la modélisation permet de définir la largeur de piste minimale permettant d'amortir l'énergie des chutes de blocs provenant de l'amont.

La pente directement en amont de la piste étant très régulière la totalité des trajectoires sont ainsi roulantes. Elles impactent donc la piste dans le premier mètre depuis le pied de talus. Une grande partie des trajectoires sont stoppées à cet instant mais quelques-unes continuent de rouler avec une énergie très faibles (< 5 kJ). Aucun rebond n'est constaté dans le versant.

La largeur de la piste devra être de 2 m minimum pour qu'elle conserve son rôle. Le maintien de la levée de terre actuelle est nécessaire pour assurer la fonction de piège à blocs et éviter que les blocs ne se relance dans le talus aval de la piste.



La largeur de piste existante est ainsi suffisante pour que la piste conserve son rôle de sécurisation.

Modélisation n°2 - Influence de la rupture du MOAK sur les trajectoires

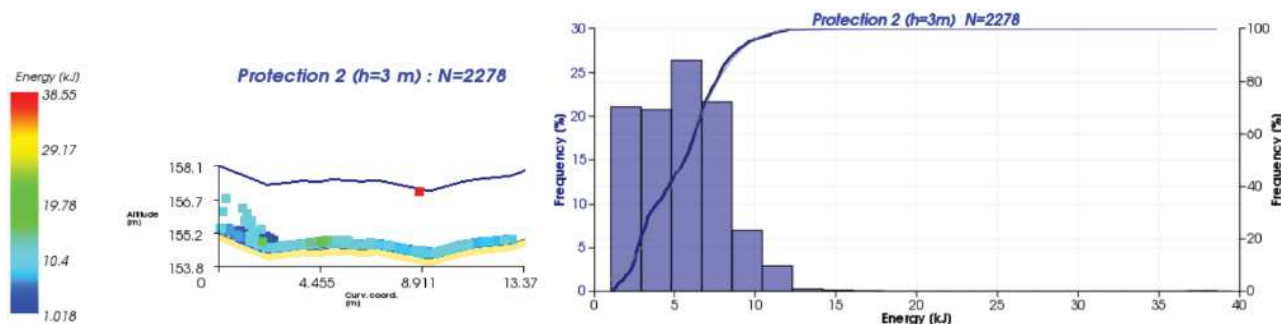
A la demande de l'ADEME, l'étude trajectographique considère la rupture du MOAK. Les conditions modélisées correspondent aux :

- chutes de blocs naturelles en considérant une largeur de piste réduite (rupture du MOAK),
- chutes de blocs isolés liés à la rupture du MOAK lui-même.

La répartition des trajectoires est la suivante :



Le talweg en aval du MOAK 1 canalise bien les trajectoires et les oriente vers les écrans existants EC2 et EC2bis. En raison de la régularité de la pente et de la nature meuble des matériaux la constituant, la totalité des trajectoires sont roulantes. Les écrans étant relativement proches de la piste, les énergies en jeux sont relativement faibles (<20 kJ). Les écrans existants sont largement capables de reprendre cet ordre de grandeur d'énergie sous réserve d'être entretenus régulièrement.



Nous attirons l'attention sur le fait que les trajectoires étudiées liées à la rupture du MOAK correspondent à la mise en mouvement de blocs individuels et non de la masse de remblais dans sa globalité. En effet, un tel évènement entraînerait une coulée progressive des matériaux dans la versée par érosion. Cela aurait pour effet de remplir progressivement les écrans, ce qui réduirait leur hauteur d'interception.

En l'état le système de sécurisation existant est suffisant pour ne pas augmenter le risque sur les enjeux du site en cas de rupture du MOAK n°1.

5.4 MOAK n°2

5.4.1 Présentation de l'ouvrage

Le linéaire du MOAK n°2 est de 52 m soit 21 modules.

Le principe du système MOAK est présenté au §5.2.1.

5.4.2 Synthèse des observations

Le MOAK n°2 est encore en place à ce jour, étant dans une configuration similaire au MOAK 1 sinistré, il a également fait l'objet d'un diagnostic et d'investigations spécifiques :

- ✓ un sondage à la pelle PM2 a été réalisé de manière à reconnaître l'état des éléments métalliques enterrés le constituant ;
- ✓ un sondage au pénétromètre dynamique Pdy2 a été réalisé au fond du sondage à la pelle pour évaluer la portance des terrains sous-jacent.

Les résultats de ces investigations sont présentés au §3.

Les observations que nous avons pu faire au cours de notre diagnostic sont les suivantes :

- ✓ le grillage est très fortement altéré par la corrosion ;
- ✓ le géosynthétique filtrant est généralement endommagé à l'arrière du grillage ;
- ✓ les traverses et les poteaux sont corrodés en surface ;
- ✓ les haubans sont fortement altérés par la corrosion ;
- ✓ les cosse-cœurs sont fortement altérés par la corrosion ;
- ✓ la chape de fixation est corrodée en surface ;
- ✓ les boucles sont en bon état ;
- ✓ la barre d'ancrage est corrodée en surface.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

Depuis le démarrage de l'opération de démolition, cet ouvrage fait l'objet d'un suivi inclinométrique. **Les résultats de ce suivi sont présentés au §4.**

5.4.3 Etude trajectographique

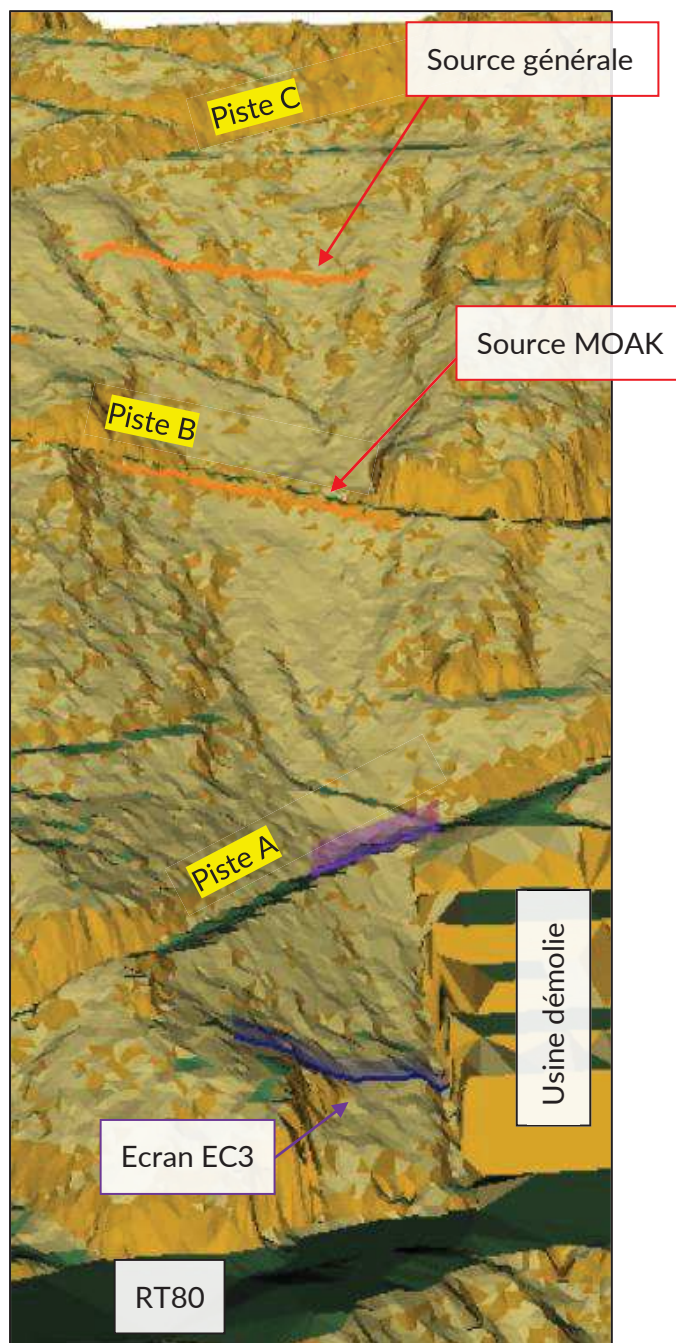
A la demande de l'ADEME, il a été étudié l'influence de la rupture du MOAK n°2 sur l'exposition aux trajectoires des enjeux du site.

Les caractéristiques des blocs ont été prises en compte sur la base de nos observations soit :

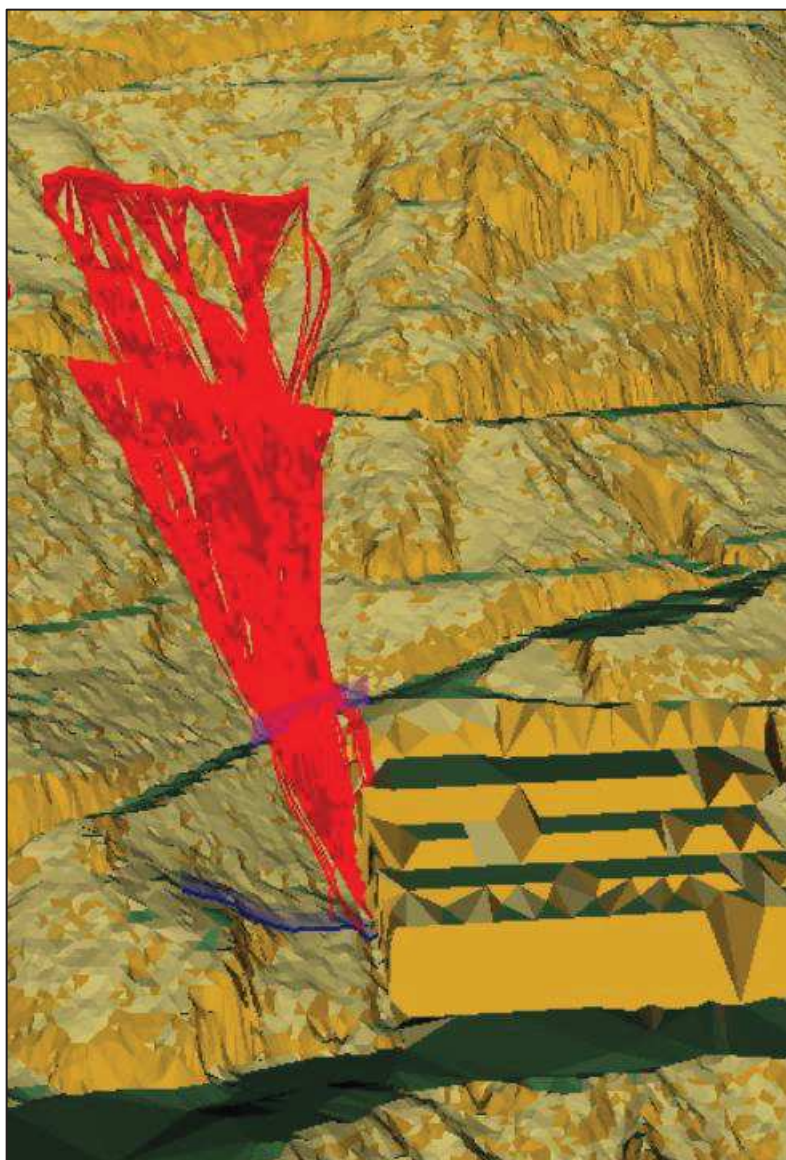
- ✓ la chute naturelle d'un bloc d'un volume de 50 L depuis le versant ;
- ✓ la propagation d'un bloc isolés d'un volume de 50 L lié à la rupture du MOAK.

Les hypothèses prises en compte sont identiques à celles décrites au §5.2.4.

Le modèle représente la verse dans le couloir où se trouve le MOAK 2.

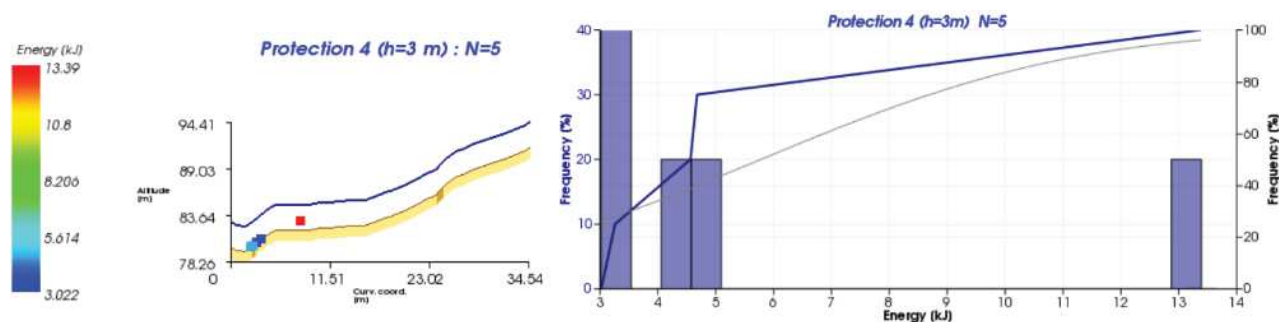


La répartition des trajectoires est la suivante :

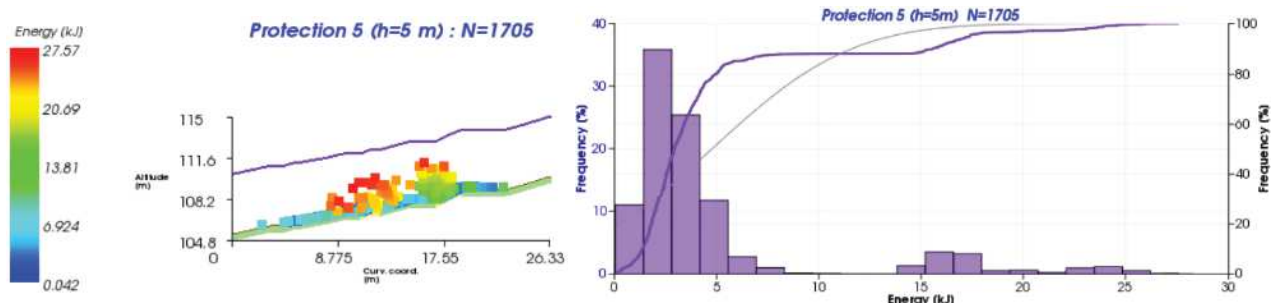


Les trajectoires sont canalisées par le talweg en aval du MOAK n°2. Elles se diffusent dans la pente jusqu'à atteindre la piste A. Quelques trajectoires franchissent la piste A et se dirigent vers la façade Nord de l'usine. Les trajectoires se concentrent le long de cette dernière pour se stopper dans l'écran EC3.

En raison de la régularité de la pente et de la nature meuble des matériaux la constituant, la totalité des trajectoires sont roulantes. Les énergies en jeux au niveau de l'écran EC3 sont relativement faibles (<15 kJ). L'écran existant est largement capable de reprendre cet ordre de grandeur d'énergie sous réserve d'être entretenus régulièrement.



Un écran fictif a été positionné au niveau de la piste A pour connaître les énergies et les trajectoires des blocs au niveau de l'enjeu. La grande majorité des trajectoires (90%) sont roulantes et présentent des énergies relativement faibles (<10 kJ). Quelques trajectoires (10%) franchissent la piste à une hauteur comprise entre 2 et 3 m et avec des énergies pouvant atteindre jusqu'à 25 kJ.



Nous attirons l'attention sur le fait que les trajectoires étudiées liées à la rupture du MOAK correspondent à la mise en mouvement de blocs individuels et non de la masse de remblais dans sa globalité. En effet, un tel évènement entrainerait une coulée progressive des matériaux dans la verse par érosion. A terme cela pourrait mener à l'augmentation de la fréquence des petites coulées de matériaux et des chutes de pierres au niveau de la piste A sur le linéaire franchissant le talweg.

En l'état le système de sécurisation existant est suffisant pour ne pas augmenter le risque sur la RT80 en cas de rupture du MOAK n°2. En revanche le risque concernant la piste A dans l'axe du MOAK serait majoré.

5.4.4 Diagnostic

Cet ouvrage ne montre pas de signe d'instabilité (visuel ou suivi inclinométrique) à ce jour mais présente le même niveau de corrosion que le MOAK 1 causée également par l'aspersion d'eau de mer sur la piste.

Sa rupture à la faveur de précipitations importantes est probable dans les années à venir.

Cette rupture ne présenterait pas de risque supplémentaire pour la RT80 dans la mesure où les différents systèmes de sécurisation du site continu d'être entretenus régulièrement, EC3 en particulier.

5.5 MOAK n°3

5.5.1 Présentation de l'ouvrage

Le linéaire du MOAK n°3 est de 12 m soit 5 modules.

Le principe du système MOAK est présenté au §5.2.1.

5.5.2 Synthèse des observations

Le MOAK 3 est dans une configuration différente des MOAK 1 et 2. En effet, il soutient le talus aval d'une épingle.

Les observations que nous avons pu faire au cours de notre diagnostic sont les suivantes :

- ✓ le grillage est altéré par la corrosion ;
- ✓ le géosynthétique filtrant est endommagé principalement en partie haute à l'arrière du grillage ;
- ✓ les traverses et les poteaux sont en bon état.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

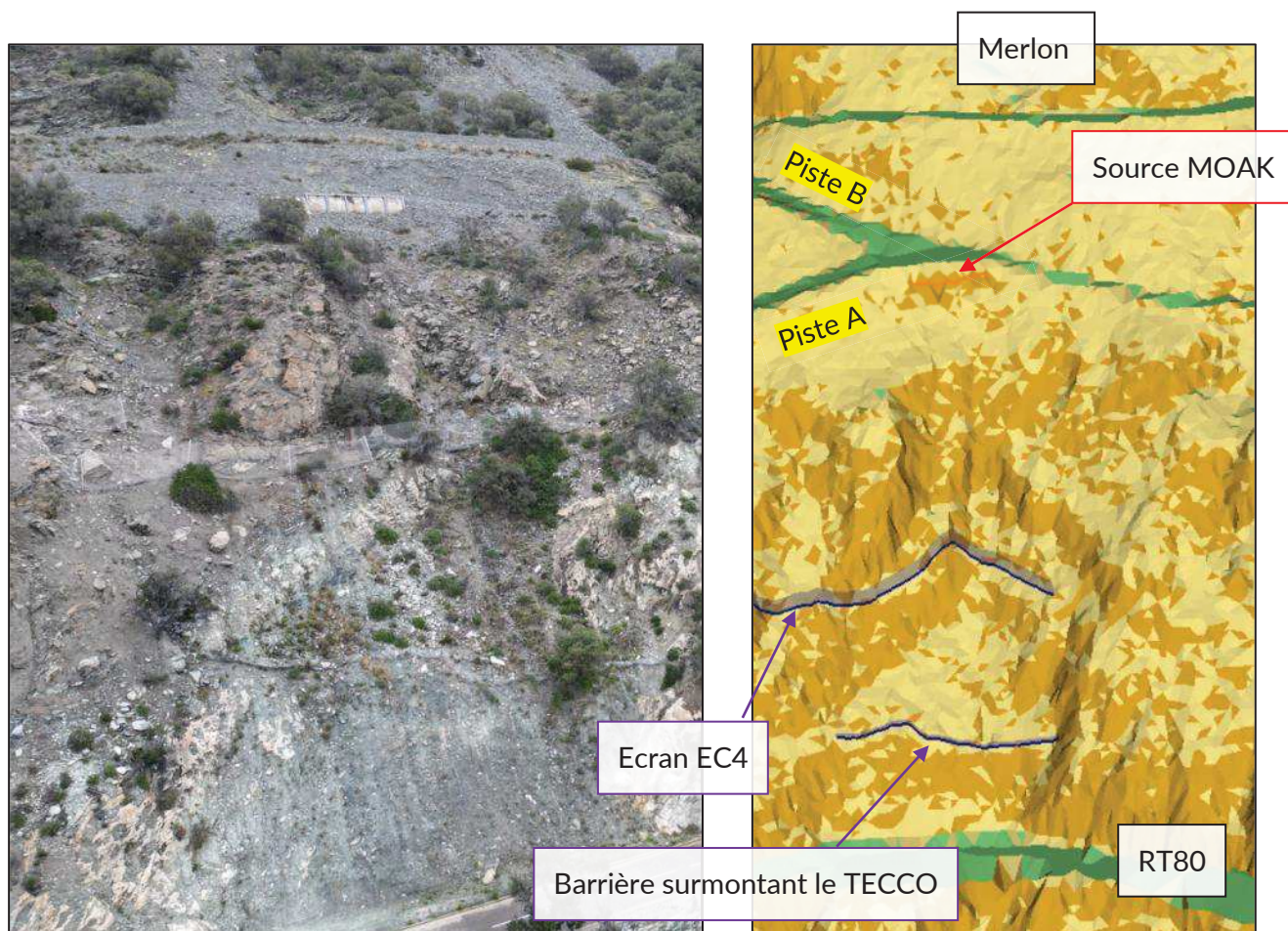
5.5.3 Etude trajectographique

A la demande de l'ADEME, il a été étudié l'influence de la rupture du MOAK n°3 sur l'exposition aux trajectoires des enjeux du site.

A l'inverse des MOAK n°1 et 2, le MOAK 3 ne participe pas à la sécurisation vis-à-vis des chutes de blocs mais uniquement à la stabilité de l'épingle entre les pistes A et B. Il est en effet surmonté par un large merlon qui remplit cette fonction. Les caractéristiques des blocs prises en compte correspondent donc uniquement à la propagation d'un bloc isolé d'un volume de 50 L lié à la rupture du MOAK.

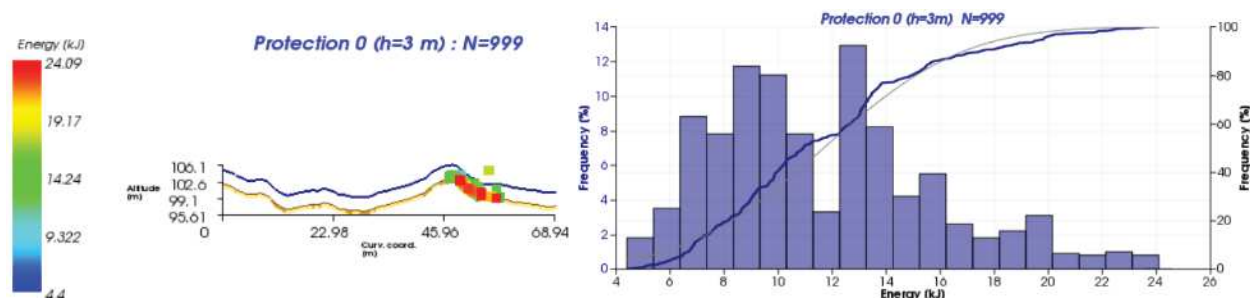
Les hypothèses prises en compte sont identiques à celles décrites au §5.2.4.

Le modèle représente la verse dans le couloir où se trouve le MOAK 3.



Les trajectoires sont canalisées par le talweg en aval du MOAK n°3. Elles se diffusent dans la pente puis sont stoppée dans l'écran EC4.

Les énergies en jeu au niveau de l'écran EC4 sont relativement faibles (<25 kJ). L'écran existant est largement capable de reprendre cet ordre de grandeur d'énergie sous réserve d'être entretenus régulièrement.



Nous attirons l'attention sur le fait que les trajectoires étudiées liées à la rupture du MOAK correspondent à la mise en mouvement de blocs individuels et non de la masse de remblais dans sa globalité. En effet, un tel évènement entrainerait une coulée progressive des matériaux dans la versé par érosion. A terme cela pourrait mener au remplissage de l'écran EC4 dans l'axe du MOAK.

En l'état le système de sécurisation existant est suffisant pour ne pas augmenter le risque sur la RT80 en cas de rupture du MOAK n°3.

5.5.4 Diagnostic

Les éléments enterrés n'ont pas été diagnostiqués en l'absence de sondage, cependant compte tenu de la faible corrosion observée en surface on peut supposer qu'ils soient encore en bon état. L'ouvrage semble donc en bon état général. Son exposition aux aspersions d'eau de mer a probablement été plus faible voire nulle.

Nous préconisons de prévoir une campagne de reconnaissance dans l'objectif de dégager à minima les haubans de tête au niveau de leur fixation au parement. En effet, d'après nos analyses décrites précédemment c'est cette pièce qui s'est avérée défailante dans la rupture du MOAK n°1. Compte tenu de l'accessibilité, ces travaux devront être réalisés manuellement.

La rupture du MOAK n°3 ne présenterait pas de risque supplémentaire pour la RT80 dans la mesure où les différents systèmes de sécurisation du site continu d'être entretenus régulièrement, EC4 en particulier.

5.6 Exutoire n°3

5.6.1 Présentation de l'ouvrage

Les eaux du site sont canalisées vers un exutoire gravitaire se trouvant en aval de la RT80 et aménagé spécifiquement à cet effet (exutoire n°3) dans le cadre de travaux menés en 2022. L'exutoire est constitué d'un petit bassin tampon disposant d'un trop plein se jetant dans un matelas de dissipation d'énergie.

La composition initiale du matelas de dissipation est la suivante :

- assise sur des remblais de stérile ;
- structure alvéolaire ;
- remplissage en matériaux drainant 20/40 mm.

Une photographie des travaux de construction de l'ouvrage est présentée ci-dessous :



La dissipation s'est avérée trop faible au regard des fortes arrivées d'eau dans cet ouvrage, créant des chenaux d'écoulement préférentiels en aval dans les remblais en stériles :



Pour augmenter la dissipation de l'ouvrage un ballast 40/100 mm a été ajouté depuis.

5.6.2 Synthèse des observations

Une ligne d'érosion régressive est visible dans le versant en aval, elle forme un talus subvertical jusqu'à la plage en pied de versant. Cette ligne régresse lentement, puisque présentant presque le même aspect qu'en 2020.

Une seconde ligne d'érosion régressive concerne directement la piste. Les matériaux éboulés sont visibles dans le talus en aval. Cette dernière régresse en revanche plus rapidement.

L'érosion régressive de cette zone semble caractérisée par une incision centrale liée aux écoulements provenant de l'exutoire n°3. Les remblais en rive se retrouvent ainsi à des pentes supérieures à leur limite de stabilité et s'effondrent donc progressivement pour rétablir une pente d'équilibre.

L'ADEME a disposé des blocs témoins pour évaluer le recul de cette ligne d'érosion, d'après elle ces derniers n'ont pas bougé depuis 3 ans.

Les autres talus soutenant la piste longeant le canal de fuite semblent stable devant l'érosion qu'ils supportent, à savoir leur propre impluvium.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

5.6.3 Diagnostic

La ligne d'érosion régressive générale correspond à l'érosion de la côte mais on observe une incision locale dans l'axe d'écoulement des eaux de rejet. Cette incision était visible en 2020 avant la construction de l'exutoire n°3.

L'érosion régressive affectant la sortie du canal de fuite caractérise la sensibilité des matériaux mis en œuvre pour la constituer (stériles) vis-à-vis du ravinement.

Les pentes semblent toujours plus raides que leur limite d'équilibre à ce jour. A moyen terme on peut s'attendre à ce que l'érosion régresse jusqu'à la sortie de la structure alvéolaire. L'approfondissement se limitera à la profondeur des colluvions qui semblent plus résistants à l'érosion. Entre la sortie de la structure alvéolaire et la ligne d'érosion principale aux colluvions, on s'attend à ce que les fines s'érodent progressivement pour ne laisser que les éléments les plus grossiers des stériles. Ce phénomène s'observe déjà actuellement dans la niche d'arrachement. En rive de l'érosion causée par les circulations provenant de l'exutoire n°3, les pentes des remblais vont s'ajuster sur le profil d'équilibre retrouver par les matériaux. Ce type d'érosion est jugée acceptable par l'ADEME, l'objectif étant de maîtriser l'érosion et non de la stopper.

Pour retarder l'érosion de cette zone au maximum, les mesures suivantes sont à envisager :

- agrandir le bassin de dissipation pour éviter que l'écoulement ne le surpasse ;
- entretenir le canal d'écoulement régulièrement pour éviter qu'un chenal principal ne se forme dans le ballast ;
- réduire le débit en sortie de l'exutoire n°3 à l'aide d'un ouvrage tampon en amont.

5.7 Verse surmontant le TECCO – Zone 20

5.7.1 Présentation de la zone

Cette zone du site est délimitée par :

- ✓ le TECCO en partie basse
- ✓ l'écran EC4 en partie haute
- ✓ la limite de propriété de l'ADEME en partie sud
- ✓ les affleurement rocheux massifs en partie nord

Dans les études antérieures elle est dénommée zone 20.

Elle se caractérise par une pente d'éboulis très faiblement végétalisée (quelques arbustes uniquement), le substratum rocheux affleure localement.

Le TECCO soutient la partie basse du talus et est muni d'une barrière grillagée en tête d'une hauteur de 1,0 m pour intercepter les chutes de pierres.

5.7.2 Synthèse des observations

A ce jour, la barrière est partiellement remplie de matériaux éboulés, réduisant localement sa hauteur d'interception, et de bloc rocheux jusqu'à 50 L. Elle est également endommagée en rive gauche. En effet, il semble que le dernier poteau ait été partiellement démonté.

En rive droite du secteur de nombreux petits volumes sont posés dans la pente, ils semblent facilement remobilisables à la faveur de l'érosion.

Un affleurement rocheux en surplomb est également menaçant pour la route. Il a été identifié comme la masse M3 et se trouve directement à l'aval de l'écran EC4. En contrebas de M3 de nombreux petits volumes instables (<50 L) provenant du même affleurement sont en équilibre sur une banquette étroite, ils présentent les mêmes caractéristiques que les volumes visibles dans la barrière et sur la chaussée le jour de notre visite.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

5.7.3 Risques chutes de blocs

Le risque lié aux instabilités recensées sur le site résulte du croisement de deux composantes :

$$\text{Risque} = \text{Aléa de Rupture} \times \text{Vulnérabilité}$$

L'**aléa de rupture** d'un compartiment est défini en fonction de la probabilité d'occurrence du phénomène et de son imminence.

La **vulnérabilité** résulte du croisement entre l'exposition des enjeux aux trajectoires avec les dommages potentiels associés.

Le **niveau de risque** s'exprime selon cinq niveaux, la plage d'intensité allant de **très faible** à **très fort**.

L'ensemble de la méthode d'analyse est détaillé en **annexe 5**.

Les instabilités recensées dans cette zone présentent un **aléa de rupture** allant de « **Moyen** » à « **Fort** ».

Les enjeux concernés par les chutes de blocs sont la RT80 et ses usagers.

En fonction de l'exposition aux trajectoires et des dommages potentiels causés par les chutes de blocs, la **vulnérabilité** peut être qualifiée de « **Très faibles** » pour les chutes de pierre à « **Forte** » pour la chute du volume M3.

Compte tenu de nos observations et des paramètres précités, le niveau de risque actuellement présent apparaît « **FAIBLE** » pour les chutes de pierre à « **FORT** » pour la chute du volume M3.

5.7.4 Etude trajectographique

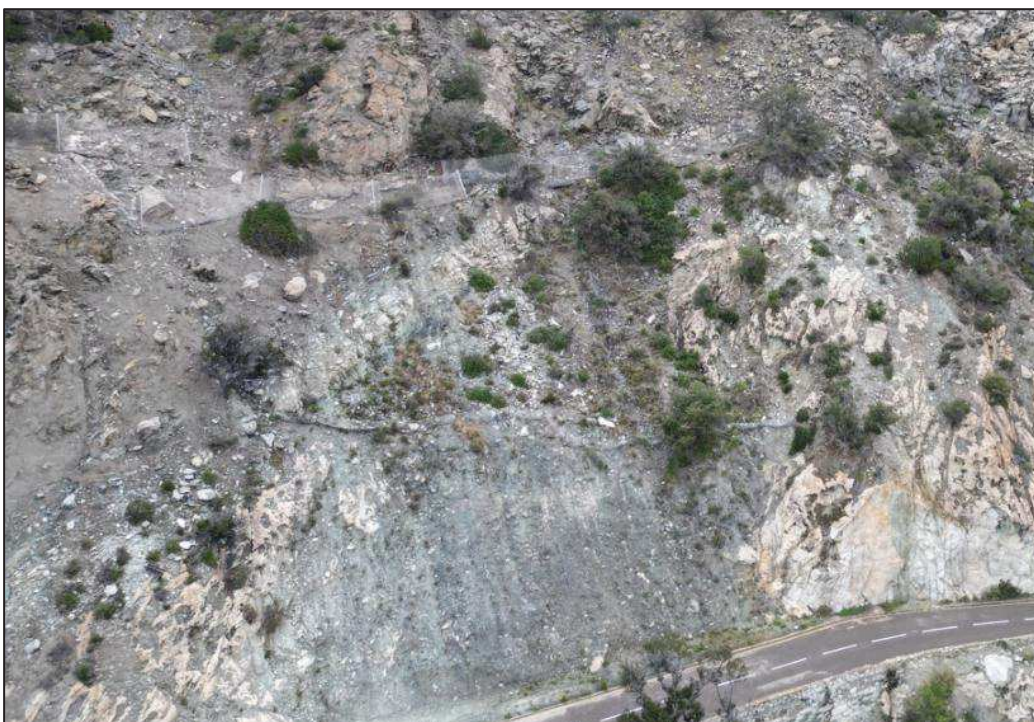
L'objectif de cette étude est d'étudier si la barrière grillagée existante est suffisante en termes de résistance et de surface d'interception pour sécuriser la route vis-à-vis des chutes de pierre et de blocs identifiées.

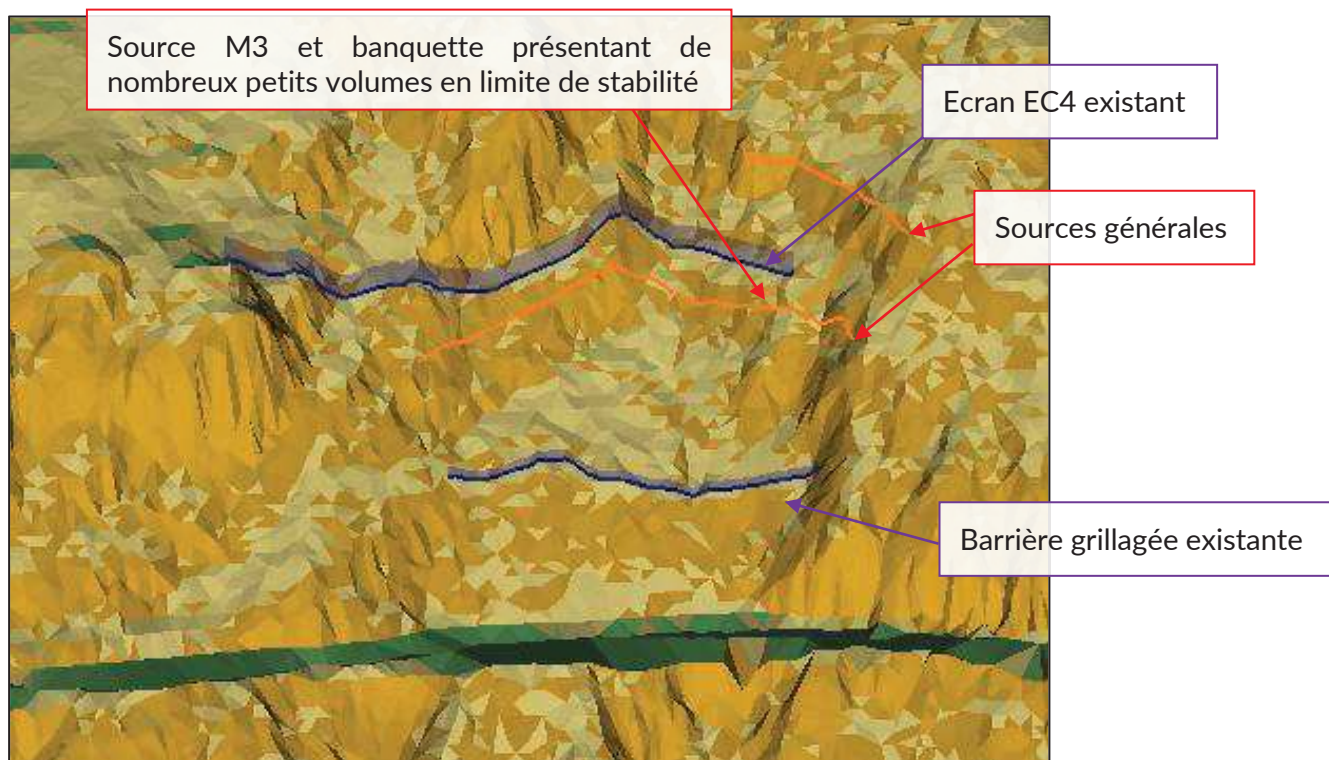
Les caractéristiques des blocs ont été prises en compte sur la base de nos observations soit :

- ✓ la chute naturelle d'un bloc d'un volume de 50 L depuis le versant ;
- ✓ la chute naturelle du bloc M3.

Les hypothèses prises en compte sont identiques à celles décrites au §5.2.4.

Le modèle représente la verse surmontant le TECCO :





Les chutes de blocs naturelles ont été modélisé en intégrant la barrière grillagée en tête du TECCO supposée remise en état, sa résistance estimée est de 15 kJ

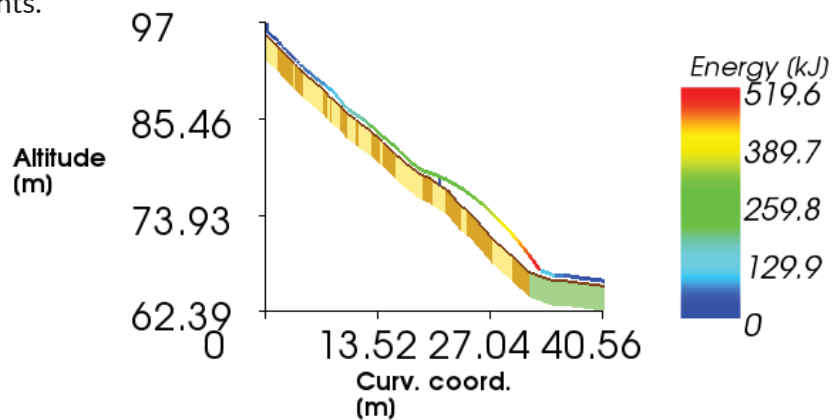
La répartition des trajectoires est la suivante :



On se rend compte que la capacité et la position de la barrière grillagée existante sont suffisantes pour sécuriser la route vis-à-vis des chutes de pierre provenant de l'amont. Sous réserve que les travaux d'entretien décrit ultérieurement soient réalisés, l'exposition aux trajectoires de l'enjeux est donc faible.

En revanche les chutes de blocs provenant de la source M3 présentent des énergies trop fortes pour la barrière et atteignent ainsi la route en endommageant cette dernière. L'exposition aux trajectoires de l'enjeux est donc importante.

De plus l'énergie d'impact au niveau de l'enjeux est très élevée, 500 kJ donc susceptible d'entraîner des dégâts importants.



5.7.5 Diagnostic

Notre analyse met en évidence que la barrière grillagée existante est suffisante pour supporter les chutes de pierres courantes dans la zone, à condition d'être remise en état. En revanche elle ne peut résister à la chute du blocs M3 qui doit donc être traité par un confortement actif. De plus, le linéaire de barrière ne permet pas de couvrir le thalweg en rive droite.

5.8 Eperon rocheux surmontant la RT80 – Zone 19

5.8.1 Présentation de la zone

Cette zone du site est définie comme étant la falaise surmontant directement la RT80 en amont de l'enrochement se trouvant au sud de l'usine.

Dans les études antérieures elle est dénommée zone 19.

L'enrochement sert de piège à blocs, en effet, une large fosse se trouve coté talus.

L'étude se concentre sur la partie centrale de cette falaise formant un éperon en direction de la route.

5.8.2 Synthèse des observations

Dans la falaise surmontant directement la route, nous avons identifié une masse fracturée sous-divisée en deux volumes M1 et M2.

La limite du compartiment M1 est bien définie par la fracturation locale. En revanche le compartiment M2, bien plus massif, est mal défini. En effet, les fractures semblent se poursuivre en partie haute mais sont progressivement recouvertes de matériaux de couverture.

De manière générale la falaise présente de nombreux volumes instables de l'ordre de 100 L.

L'ensemble de ces éléments sont illustrés dans les planches photographiques de diagnostic présentées en annexe 4.

Les masses M1 et M2 ont été équipée de fissuromètres automatiques en novembre 2025, **les données recueillies sont présentées en détail au §4.**

5.8.3 Risques chutes de blocs

Le risque lié aux instabilités recensées sur le site résulte du croisement de deux composantes :

$$\text{Risque} = \text{Aléa de Rupture} \times \text{Vulnérabilité}$$

L'aléa de rupture d'un compartiment est défini en fonction de la probabilité d'occurrence du phénomène et de son imminence.

La **vulnérabilité** résulte du croisement entre l'exposition des enjeux aux trajectoires avec les dommages potentiels associés.

Le **niveau de risque** s'exprime selon cinq niveaux, la plage d'intensité allant de **très faible à très fort**.

L'ensemble de la méthode d'analyse est détaillé en **annexe 5**.

Les instabilités recensées dans cette zone présentent un **aléa de rupture** allant de « **Faible** » à « **Moyen** ».

Les enjeux concernés par les chutes de blocs sont la RT80 et ses usagers.

En fonction de l'exposition aux trajectoires et des dommages potentiels causés par les chutes de blocs, la **vulnérabilité** peut être qualifiée de « **Très faible** » pour les chutes de pierre à « **Forte à très forte** » pour la chute des masses M1 et M2.

Compte tenu de nos observations et des paramètres précités, le niveau de risque actuellement présent apparaît « **FAIBLE** » pour les chutes de pierre à « **MOYEN** » pour la chute du volume M2 et « **FORT** » pour la chute du volume M1.

5.8.4 Diagnostic

La chute de la masse M1 pourrait endommager le piège à blocs en aval, en effet deux scénarios sont possibles :

- ✓ la chute de M1 provoque l'éboulement partiel du piège à blocs en enrochement sur la chaussée ;
- ✓ le piège à bloc résiste mais comble entièrement la fosse, laissant la possibilité aux chutes de pierres ultérieures d'atteindre la chaussée.

La chute de l'ensemble M1/M2 atteindrait largement la chaussée.

Compte tenu de la nature amiantifère de la roche, ces événements seraient très émissifs en fibre.

A ce jour le piège à blocs intercepte les trajectoires des chutes de pierre, nous rappelons que ce type d'ouvrage doit être curé régulièrement afin de conserver son efficacité.

Le suivi fissurométrique met clairement en évidence une relation entre les déplacements mesurés et l'humidité à ce jour. **Le suivi devra être mené sur une année complète à minima avant de pouvoir se prononcer sur le comportement de ces masses.**

6 DEFINITION DES TRAVAUX A METTRE EN ŒUVRE

6.1 Ecran EC1

Cet ouvrage fera l'objet de travaux d'adaptation de manière à pérenniser la stabilité constatée des banquettes qui se sont formées et recréer une hauteur suffisante d'interception.

Pour cela nous préconisons les travaux suivants :

- ✓ mise en œuvre d'un câble de tête Ø16 mm entre P1 et P3 et fixation d'une nappe de grillage DT 60X80 mm ;
- ✓ découpe et évacuation de l'arbre ;
- ✓ réalisation de deux ancrages type GEWI Ø25 de longueur 3 m pour reprendre les haubans des poteaux existants.

Les travaux à réaliser sont illustrés dans la fiche diagnostic présentées en annexe 2.

6.2 Cratère Nord

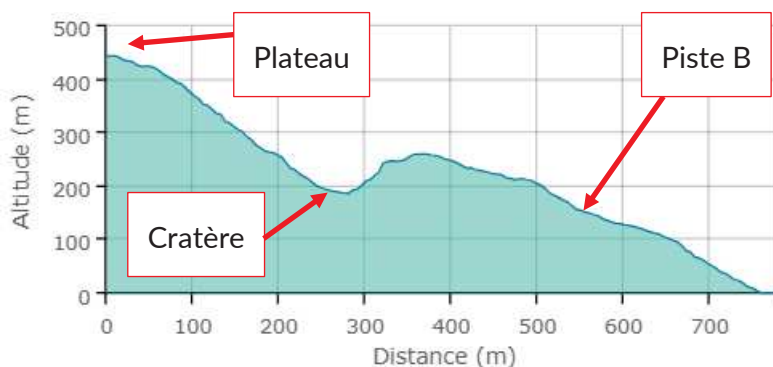
De manière à réduire la quantité d'eau amenées dans le réseau principal par le cratère 1 au nord du site, la solution définie initialement (indice 0) consistait à reprofiler la risberme R2 pour rediriger les eaux vers un nouvel exutoire. Cette solution impliquait d'important travaux de terrassement dans des zones difficiles d'accès ainsi qu'exposées à un risque très fort de chute de pierres (fronts rocheux du cratère non purgés). A la demande de l'ADEME une seconde solution a été étudiée.

A ce jour, le cratère nord collecte l'impluvium correspondant à son emprise ainsi que diverses circulations d'eau dans le substratum rocheux dont les zones d'infiltrations sont indéterminées.

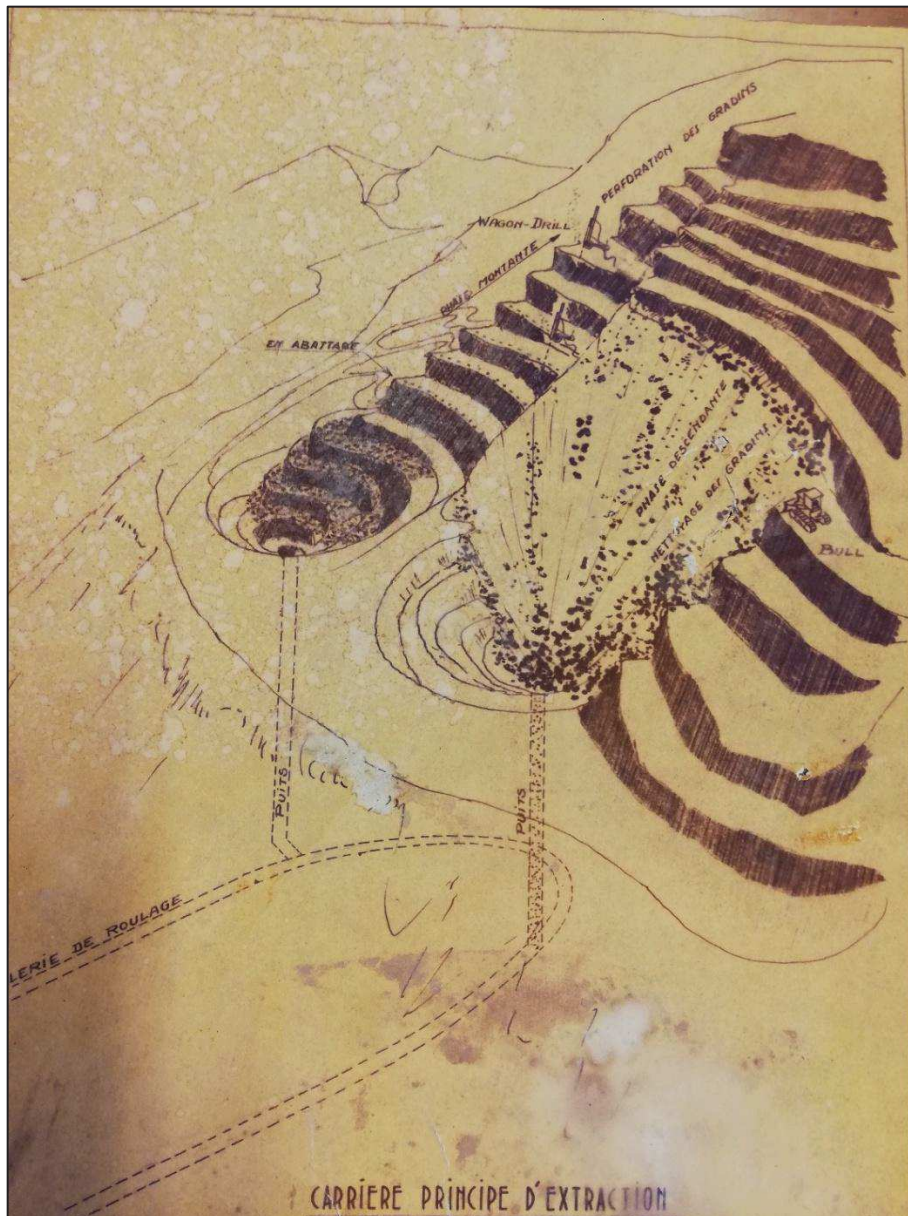
D'après les études de gestion des eaux pluviales précédentes l'impluvium attribuable au cratère nord représente une surface d'environ 8 hectares (80 000 m²).



D'après les données à notre disposition le fond du cratère se trouve à 183 m NGF et les sorties des galeries au niveau de la piste B à 155 m NGF.



Ces données sont cohérentes avec le principe d'extraction décrit sur le schéma d'archive suivant :



En effet, le minerai s'écoulait dans des puits verticaux reliés à une galerie formant une boucle. D'après les études de gestion des eaux pluviales précédentes, la galerie serait longue de 630 m et présenterait une section de 3,0 x 3,4 m d'après l'extrait suivant qui nous a été communiqué :

Note dictée le 28 mai 1949 par M. Marchioli sur le système d'exploitation dit en "Glory Hole"

"Le minerai arrive dans le puits, lequel communique avec l'extérieur par une galerie de très grande section.

On commence la préparation par des tunnels qui, en ce qui concerne l'Exploitation de Canari, se trouvent au niveau de la côte 155 (section 3 m. x 3 m.40 environ).

Dans ceux-ci se trouvent des herse, et au-dessus, des puits de 4x4 de section. En plus, desservant les puits, il y a des tunnels de 1.80 x 2 m. superposés tous les 40 m.

La galerie 155 permet le transit d'un train, qui circule en circuit fermé.

D'après les études de gestion des eaux pluviales précédentes, le linéaire de galerie attribué au cratère nord est de 370 m. Si on suppose que la largeur de la galerie est constante sur toute sa longueur (3,0 m d'après l'extrait ci-dessus), les murs en maçonnerie réalisés (1,5 m de haut d'après l'ADEME) permettent de stocker un volume de 1665 m³.

Pour dimensionner les différents aménagements existants il a été considéré une période de retour de 10 ans, nous proposons de conserver cette hypothèse, les coefficients de Montana à considérer sont donc les suivants :

10 ans		
<30 min	a	63,29
	b	0,327
>30 min	a	53,06
	b	0,684

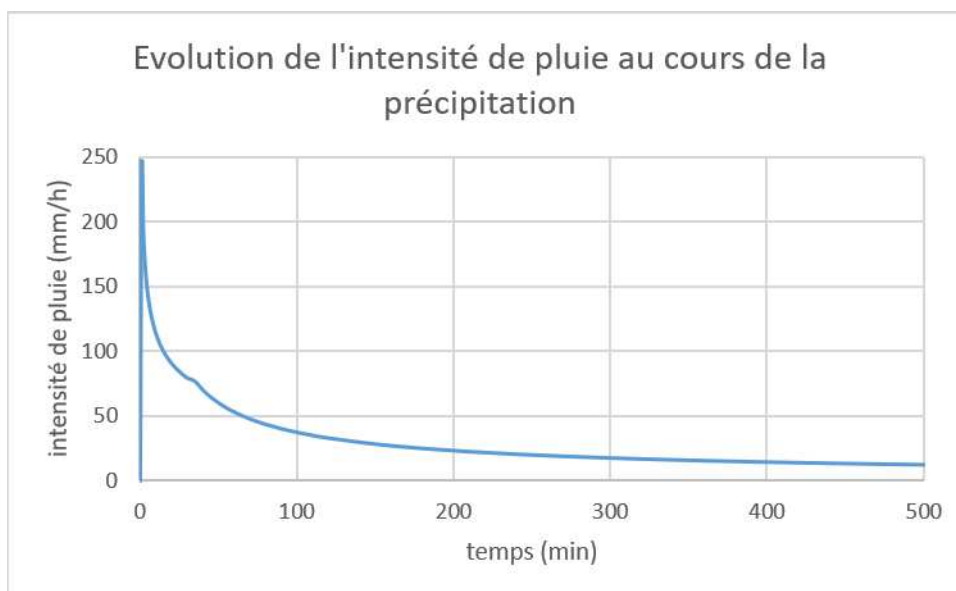
L'intensité de la pluie est calculée à partir de la relation :

$$i = a \times t^{-b}$$

Avec :

- i l'intensité de la pluie en mm/h
- t la durée de la pluie en min
- a et b les coefficients de Montana

La pluie étudiée est définie par la courbe ci-dessous :



A partir de cette intensité il est possible de calculer le volume d'eau entrant dans l'impluvium, pour cela on utilise la relation suivante :

$$V = i(t) \times t \times Sc$$

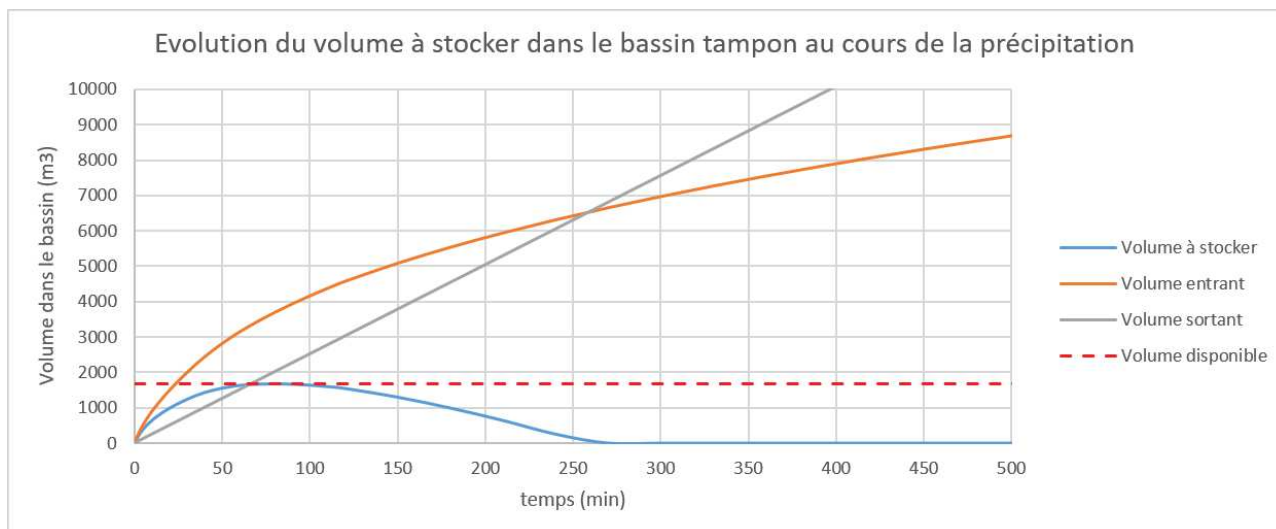
Avec :

- i (t) l'intensité de la pluie en m/h à l'instant t
- t le pas de temps représentatif de l'intensité de pluie
- Sc la surface équivalente de l'impluvium, dans les études précédentes un facteur de ruissèlement de 45% a été pris en compte, nous considérerons donc 36 000 m² (80 000 x 0,45)

La volume d'eau sortant est proportionnel au débit de fuite.

En soustrayant le volume sortant (débit de fuite) au volume entrant (impluvium) on obtient une courbe dont le volume maximum atteint correspond au volume à stocker dans le bassin tampon.

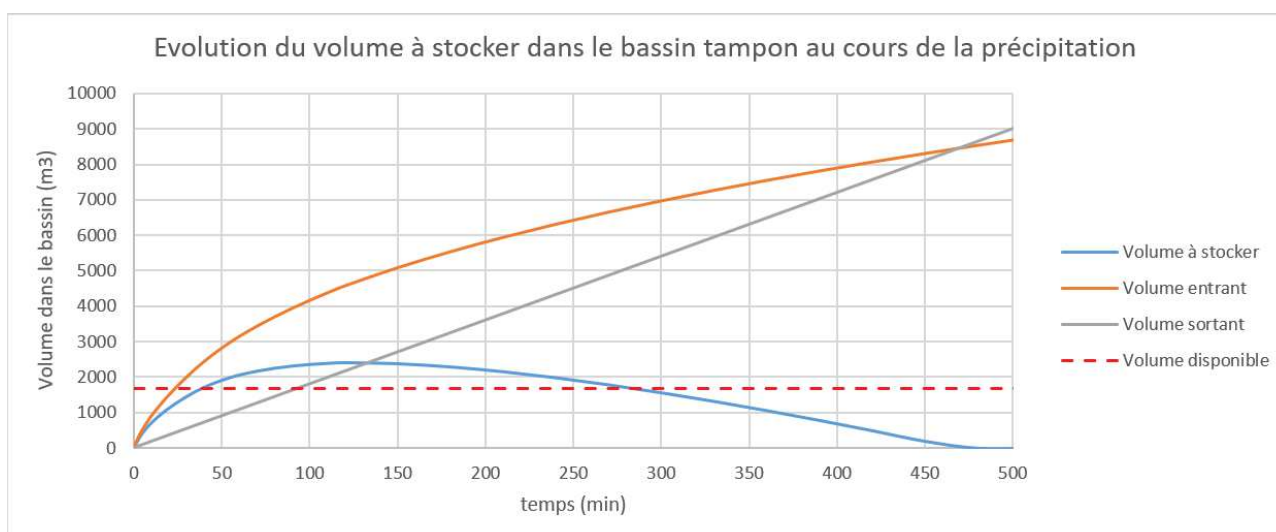
Un premier graphique a été réalisé pour établir à partir de quel débit de fuite le volume tampon existant de 1665 m³ est suffisant pour un événement présentant une période de retour de 10 ans :



Ce premier modèle permet d'établir que pour un événement présentant une période de retour de 10 ans et un bassin tampon présentant un volume de 1665 m³ le débit de fuite doit être de 420 L/s (25 m³/min).

Un tel débit présente un fort potentiel érosif compte tenu de la topographie du site et de la taille des buses.

A titre indicatif en limitant le débit de fuite à 300 L/s (18 m³/min), le volume maximum à stocker est de 2400 m³ :

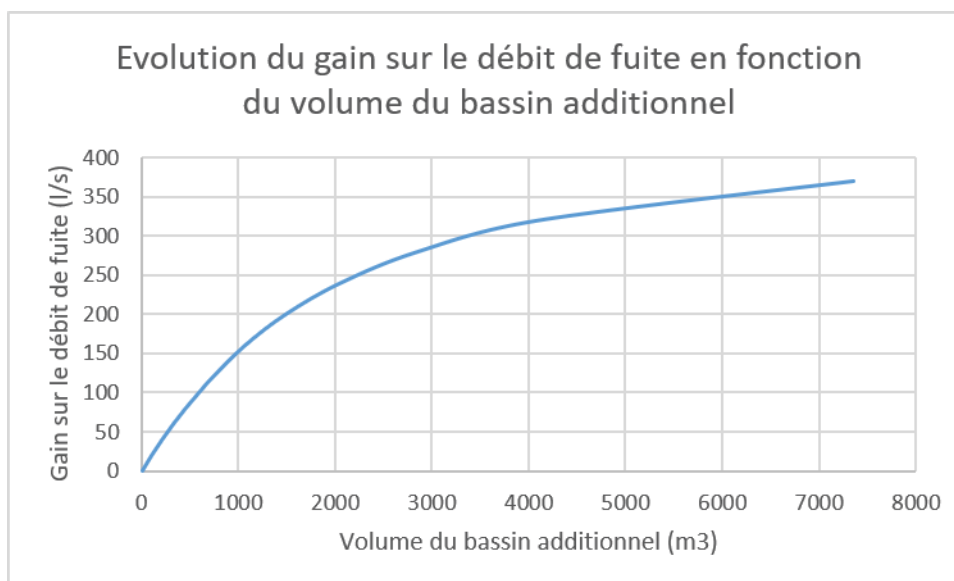


La création d'un bassin tampon additionnel de 735 m³ (2400 – 1665 m³ existant = 735) permettrait donc de réduire le débit de 120 L/s dans l'exutoire 3 pour une période de retour de 10 ans.

Au niveau de la plateforme basse de l'ancien concasseur une surface de 150 m² est disponible et pourrait être utilisée pour réaliser un tel bassin.

Attention ce bassin ne pourrait être utilisé pour stocker de l'eau car il est impératif qu'il soit vidangé entièrement avant toute précipitation pour remplir son rôle correctement.

En répétant la modélisation pour une période de retour de 10 ans avec différents débits de fuite on peut établir la relation entre le gain en termes de débit de fuite en fonction du volume du bassin additionnel :



La tendance logarithmique de cette courbe implique que le gain en termes de débit de fuite est plus rapide pour de petites augmentations de volume que pour de grosses augmentations. Il semble intéressant de viser un volume compris entre 500 et 1000 m³ pour le bassin additionnel afin de baisser de manière conséquente le débit de fuite sans réaliser un bassin immense.

Au regard des volumes en jeux, il semble illusoire d'étudier un événement présentant une période de retour de 100 ans.

6.3 MOAK n°1

Les travaux réalisés à ce jour consistent en un reprofilage d'urgence permettant de mener à bien la fin des travaux de démolition des bâtiments. La stabilité à long terme de la piste n'est pas justifiée, notamment vis-à-vis du ravinement progressif du talus penté à 1H/1V.

Concernant le risque de chute de bloc il est envisageable de conserver la géométrie actuelle, en effet même en cas de rupture de ce qui reste de l'ouvrage, les blocs seront stoppés par l'écran existant en aval. Dans cette hypothèse, l'écran se remplirait rapidement de matériaux et des purges régulières seraient à prévoir.

De manière à pérenniser la stabilité de ce secteur, les trois solutions suivantes sont envisageables :

- ✓ terrassement simple – reprofilage à 3H/2V
- ✓ soutènement modulaire métallique non ancré (type ANGULO[®])
- ✓ soutènement modulaire béton ancré (type paroi AD/OC[®])

Les trois solutions décrites sont illustrées dans les plans présentés en annexe 6.

La solution retenue fera l'objet d'un dimensionnement complet en phase G2PRO.

Les avantages et les inconvénients de chacune de ces solutions sont présentés dans le tableau ci-après. Une estimation du coût des travaux est présentée au §7.

Solutions	Avantages	Inconvénients
<u>Terrassement simple</u>	Très rapide à mettre en œuvre Très peu couteux Pas de travaux spéciaux Travaux peu émissifs Pas d'approvisionnement de matériaux Gestion des eaux au niveau de la chaussée	Largeur de piste réduite localement à 2,6 m Déblais excédentaires Trafic d'engins lourds limités en termes de gabarit
<u>Soutènement modulaire métallique non ancré</u>	Rapide à mettre en œuvre Moyennement couteux Pas de travaux spéciaux Travaux peu émissifs Largeur de passage 3 m Naturellement drainant Equilibre déblais / remblais Trafic de VL réguliers	Approvisionnement des modules Trafic de PL possible uniquement ponctuellement Sensible à la corrosion
<u>Soutènement modulaire béton ancré</u>	Largeur de passage identique à l'existant Dimensionnement possible pour faire passer des PL	Très couteux Long à mettre en œuvre Approvisionnement des modules et barre d'ancrage Travaux spéciaux Travaux très émissifs (forage notamment) Difficulté d'implantation des ancrages Système de drainage et exutoire à prévoir Remblais excédentaires Sensible à la corrosion

6.4 MOAK n°2

Cet ouvrage présente un risque de défaillance à court terme mais ne montre pas de signe d'instabilité à ce jour.

Les travaux de réparation que nous préconisons pour le MOAK 1 sont également valables pour cet ouvrage.

La circulation de VL peut être poursuivie sur la piste à condition de :

- ✓ circuler sur la demi-chaussée amont uniquement ;
- ✓ mettre en œuvre un balisage physique matérialisant la chaussée circulaire ;
- ✓ procéder à un diagnostic visuel avant chaque passage pour s'assurer de l'absence de fissure dans la piste ou le talus aval ;
- ✓ garantir l'absence de croisement ou de stationnement de véhicule sur le linéaire concerné.

6.5 MOAK n°3

Cet ouvrage semble en bon état et ne nécessite pas de travaux à ce stade.

Nous préconisons cependant de dégager manuellement les haubans de tête au niveau de leur fixation au parement pour contrôler l'état du câble et notamment sa corrosion.

Un contrôle périodique devra être réalisé tous les 3 ans afin de suivre l'évolution des points suivants :

- ✓ corrosion ;
- ✓ érosion de la banquette de pied ;
- ✓ stabilité des talus en rive ;
- ✓ déformation de l'ouvrage ;
- ✓ état du géosynthétique et tenue des matériaux à l'arrière.

6.6 Exutoire n°3

D'après nos échanges avec l'ADEME, cet ouvrage n'a pas vocation à stopper l'érosion en aval mais uniquement de la ralentir au maximum.

En l'état l'ouvrage implique un entretien régulier du canal de dissipation, ce travail est essentiel pour éviter la création d'un chenal dans le ballast favorisant l'érosion, il devra donc être poursuivi.

Pour limiter la fréquence de cet entretien nous préconisons d'agrandir le bassin de dissipation en sortie de buse. En effet, ce dernier s'avère trop court et est contourné par l'eau dans le cadre de précipitation intense. Une solution pourra également être envisagée pour réduire le débit à l'aide d'un bassin tampon plus haut sur le site.

6.7 Verse surmontant le TECCO – Zone 20

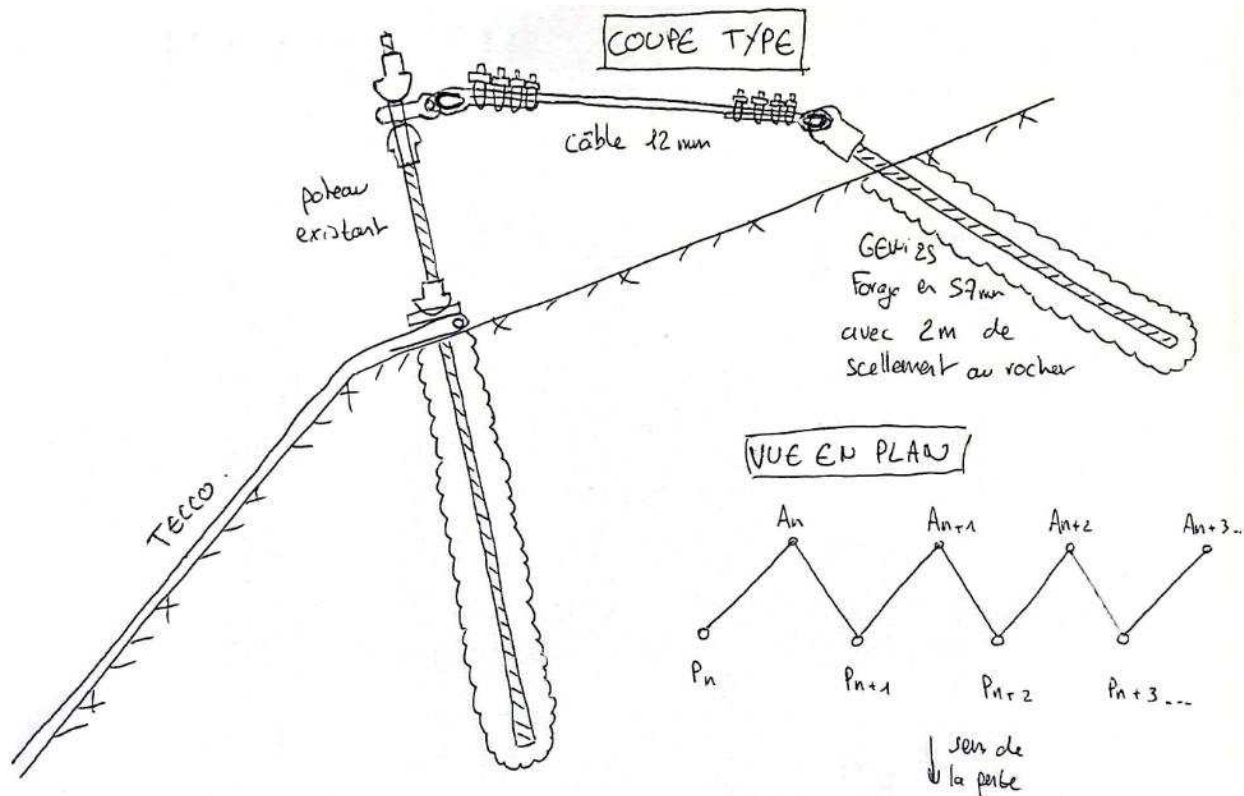
Les travaux préconisés permettront de réduire le risque de manière à obtenir un **risque résultant FAIBLE**.

Le positionnement et la hauteur initiale de la barrière grillagée sont pertinents à l'échelle de la zone à sécuriser. Des travaux d'entretien et de réparation de cet ouvrage sont à prévoir :

- ✓ purge des matériaux et des blocs accumulés dans la barrière ;
- ✓ réparation de l'extrémité en rive gauche de l'ouvrage et habillage du câble de tête jusqu'au substratum rocheux à l'aide d'un grillage DT60x80mm.

Les haubans existants sont constitués de câbles de faibles diamètres fondés sur des ancrages légers. De manière à renforcer l'ouvrage, il convient de réaliser des ancrages et des haubans en bonne et due forme conformément à ce qui était préconisé à la construction du TECCO. Nous préconisons d'haubaner les têtes de poteau à l'aide de câble Ø12 mm fondés par des ancrages GEWI 25 forés en

Ø57 mm et scellés au coulis sur 2 m au rocher à minima. Les haubans seront triangulés pour optimiser leur fonctionnement. **Le principe de renforcement est présenté sur le schéma ci-dessous :**



Pour sécuriser la rive droite du thalweg cette barrière pourra être prolongée vers le nord sur un linéaire d'environ 9 m (3 poteaux espacés de 3 m).

En partie haute de la verse, le bloc M3 sera conforté à l'aide d'un ancrage constitué d'une barre pleine Ø25 mm foré en Ø57 mm et scellée au coulis de ciment sur une longueur minimale de 2 m au-delà du plan de fracturation (3 m à provisionner). L'ancrage sera équipé d'une plaque et d'un écrou. **Une variante en emmaillotage est envisageable.** Les blocs et pierres éboulés du même affleurement et stoppés sur la banquette en aval seront évacués afin de lui redonner le rôle de piège à blocs pour les prochaines années.

Compte tenu de la problématique amiante et de l'accessibilité pedestre uniquement à ce secteur, les produits de purge seront évacués à l'hélicoptère.

Les travaux à réaliser sont illustrés dans les planches photographiques travaux présentées en annexe 7.

6.8 Eperon rocheux surmontant la RT80 – Zone 19

Un système d'instrumentation est en place sur les masses identifiées, **le suivi des données sur une année complète permettra de définir les travaux à réaliser.**

Dans le cas où des déplacements légers seraient observés, nous préconisons de poursuivre le suivi et de fixer des seuils d'alerte à calibrer en fonction de la respiration du massif rocheux (dilatation thermique notamment).

Si les déplacements observés sont importants par rapport à la respiration, des solutions de sécurisation seront à définir. Compte tenu de la proximité avec l'enjeu (RT80) ces solutions devront être actives (traitement de l'aléa à la source). Les travaux envisagés seront donc de type clouage, ou emmaillotage et seront définis en G2PRO.

6.9 Tableau récapitulatif des travaux à réaliser

Secteur / ouvrage	Travaux	
	Priorité n°1 (< 1 an)	Priorité n°2 (< 3 à 5 ans)
EC1	Découpe et évacuation de l'arbre Reconstitution de la hauteur d'interception à l'aide d'un câble Ø12 mm entre P1 et P3 et d'un grillage DT 60x80 mm	Réalisation de deux ancrages en remplacement de ceux endommagés
Cratère Nord		Création d'un bassin tampon
MOAK 1	Conservation en l'état	Solution de stabilisation à long terme à retenir parmi les 3 proposées
MOAK 2	Conservation en l'état	Solution de stabilisation à long terme à retenir parmi les 3 proposées
MOAK 3	Conservation en l'état Fouille de reconnaissance manuelle des haubans de tête	Diagnostic périodique tous les 3 ans
Exutoire n°3	Agrandir le bassin de dissipation Entretien régulier du canal de fuite Suivi des blocs témoins et de la niche d'arrachement	
Verse surmontant le TECCO – Zone 20	Confortement actif de M3 par clouage et purge de la banquette en aval Réparation et purge de la barrière en tête du TECCO	Réalisation d'un haubanage amont dans les règles de l'art Prolongation de la barrière vers le nord
Eperon rocheux surmontant la RT80 – Zone 19	Suivi des déplacements à l'aide de l'instrumentation mise en œuvre	Confortement actif (clouage ou emmaillotage) selon suivi Curage de la fosse à l'arrière de l'enrochement en fonction de son remplissage

8 CONCLUSION

A la demande et pour le compte de l'ADEME, Alpes Ingé a réalisé le diagnostic et l'étude géotechnique concernant la sécurisation générale du site SMA, sur la commune de Canari (2B).

Cette étude a permis de diagnostiquer les ouvrages de gestion des différents risques naturels identifiés par l'ADEME et de définir les travaux d'entretien, de réparation ou de remplacement à mener.

Deux niveaux de priorité ont été distingués afin de hiérarchiser les travaux.

Le suivi de l'instrumentation mise en œuvre sur une année à minima permettra de compléter notre diagnostic concernant la masse identifiée en amont de la RT80.

Les multiples travaux définis sont à justifier par la réalisation d'une étude de conception poussée en phase projet G2PRO en particulier concernant :

- ✓ la création d'un bassin tampon ;
- ✓ la réhabilitation définitive de la piste B (MOAK 1 et 2) ;

De manière général un diagnostic périodique du site est à mettre en place pour suivre l'évolution des différents ouvrages et secteurs sensibles identifiés.

Les travaux à réaliser sont présentés dans les plans en **annexe 6** et dans les planches photographiques travaux en **annexe 7**.

Annexe 1 – NORME NF P 94-500 – MISSIONS TYPES D'INGENIE GEOTECHNIQUE

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'Ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

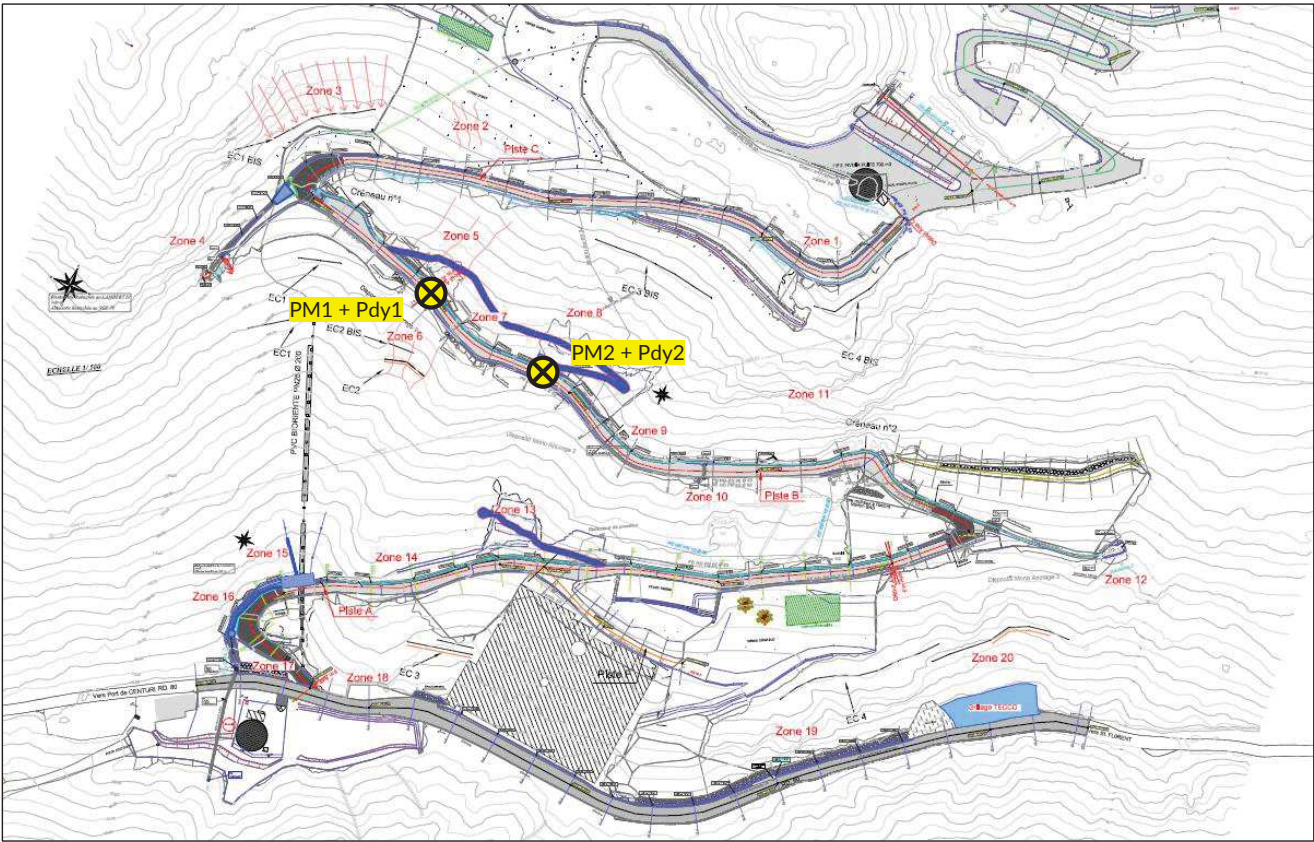
Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.
ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1) Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases : <u>Phase Étude de Site (ES)</u> Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site. - Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. - Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs. <u>Phase Principes Généraux de Construction (PGC)</u> Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. - Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).
ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2) Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases : <u>Phase Avant-projet (AVP)</u> Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. - Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques. <u>Phase Projet (PRO)</u> Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site. - Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. - Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités. <u>Phase DCE / ACT</u> Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques. - Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notes techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). - Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'Ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3) Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives : <u>Phase Étude</u> • Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles). • Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi. <u>Phase Suivi</u> • Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude. • Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats). • Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4) Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives : <u>Phase Supervision de l'étude d'exécution</u> • Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils. <u>Phase Supervision du suivi d'exécution</u> • Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3). • donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO. DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5) Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant. • Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats. • Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant. • Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).
--

Annexe 2 - INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES





SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE

Date : 12-janv.-2026

N° du sondage :

x

N° affaire : 27-127

PM1

Coordonnées GPS

Cf. plan

d'implantation

Lieu : SMA CANARI

z

Eau	Profondeur	Tenue parois	Nature des terrains + Observations (type de matrice, %blocs ou graviers, Dmax et Dmoy blocs, couleur, tenue des parois, ...)	Photos
	0 m			
	0,50 m			
	1 m			
	1,50 m			
	2 m			
	2,50 m			
	3 m			
	3,50 m			
	4 m			
	4,50 m			
	5 m			
	5,50 m			
	6 m			
	6,50 m			

Traces d'humidité diffuses

Moyenne

Nature des terrains + Observations
(type de matrice, %blocs ou graviers, Dmax et Dmoy blocs, couleur, tenue des parois, ...)

Remblais bruns compacts de la piste

Stériles gris/noirs



Remarques:

Type de pelle mécanique : 12 tonnes TERELIAN

Arrêt volontaire Oui



SONDAGE A LA PELLE MECANIQUE

Date : 12-janv.-2026

N° du sondage :

x

N° affaire : 27-127

PM2

Coordonnées GPS

Cf. plan

d'implantation

Lieu : SMA CANARI

z

Eau	Profondeur	Tenue parois	Nature des terrains + Observations (type de matrice, %blocs ou graviers, Dmax et Dmoy blocs, couleur, tenue des parois, ...)	Photos
	0 m			
	0,50 m			
	1 m			
	1,50 m			
	2 m			
	2,50 m			
	3 m			
	3,50 m			
	4 m			
	4,50 m			
	5 m			
	5,50 m			
	6 m			
	6,50 m			

Remblais bruns compactes de la piste

Stériles gris/noirs



Remarques:

Type de pelle mécanique : 12 tonnes TERELIAN

Arrêt volontaire Oui

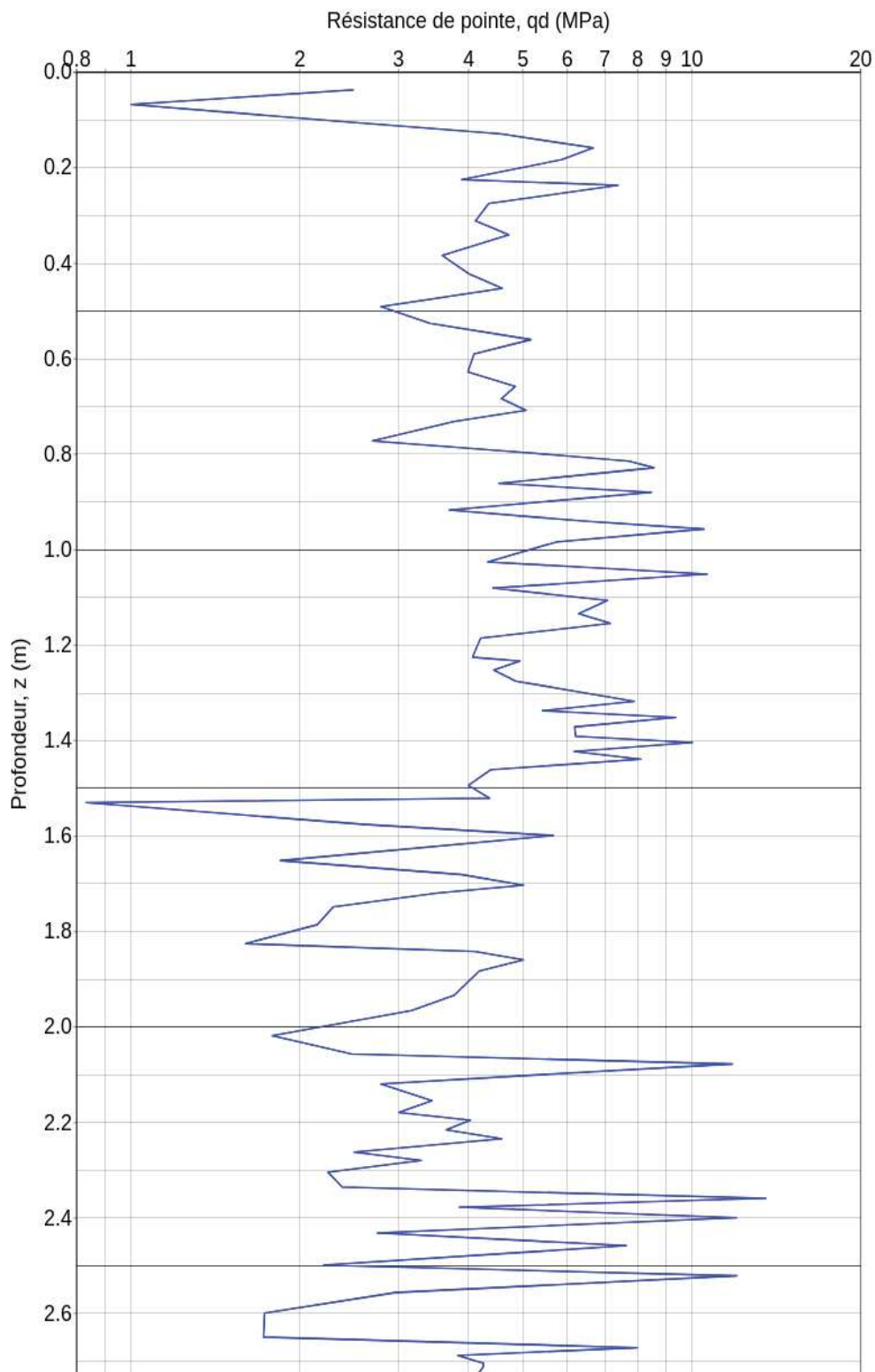
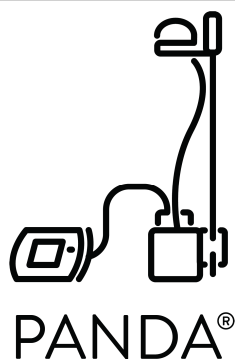
Sondage : Pdy1
 Site : canari 12_01_26
 Date : 12/01/2026 10:58
 Société :
 Opérateur : Richard CLAVEL
 Responsable : Richard CLAVEL
 Lat. :
 Long. :
 Altitude :
 Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
 Prof. préforage :
 Cond. d'arrêt : Volontaire
 Prof. atteinte : 2.73 m
 Nappe :
 Niv. stable :
 Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
 Mode de battage : Manuel
 Section de pointe : 2 cm²
 Date d'étalonnage : 14/02/2025



Traitement

Écrêtage : Non
 Lissage : Non
 Régularisation : Non

Observation

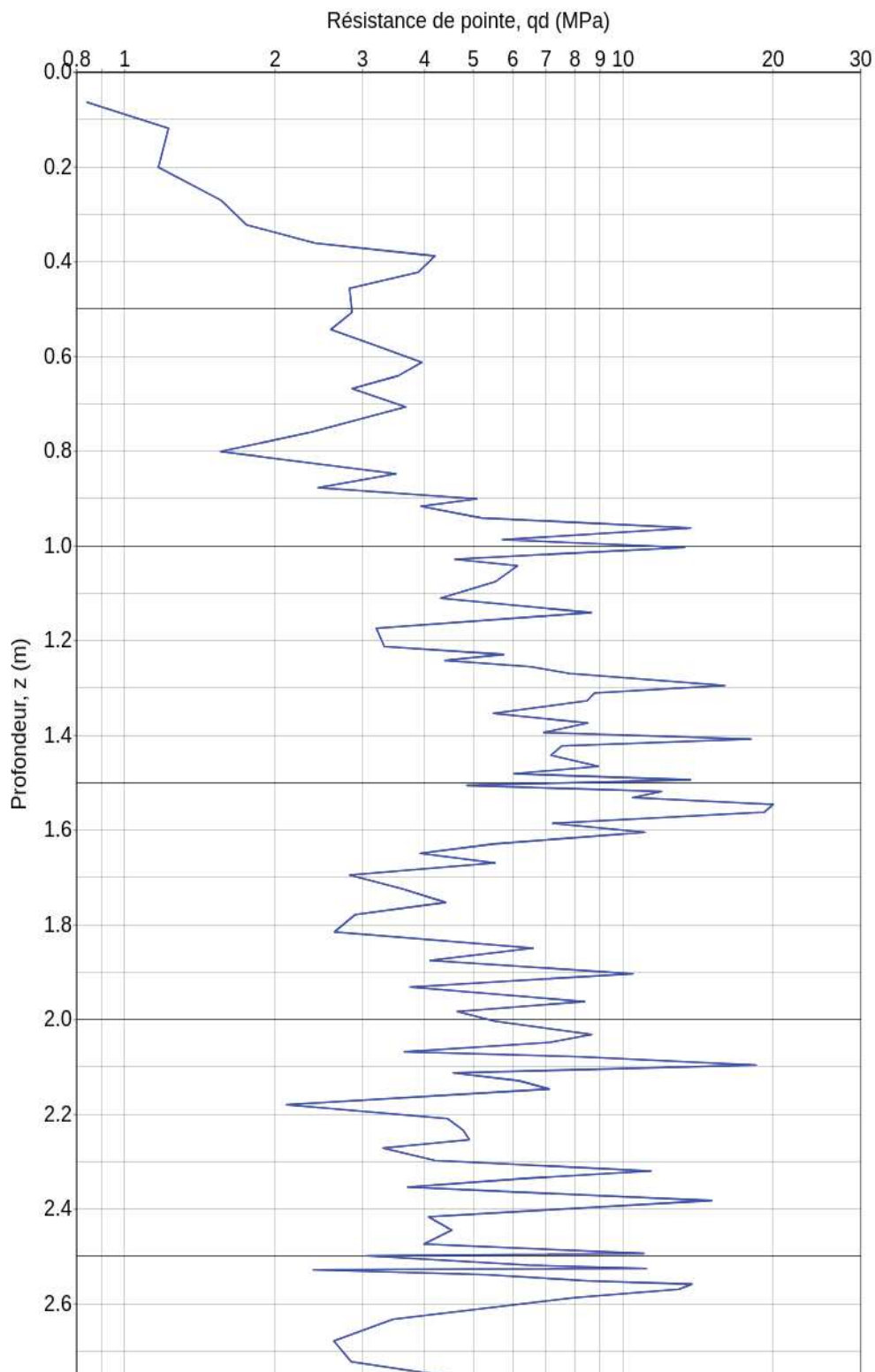
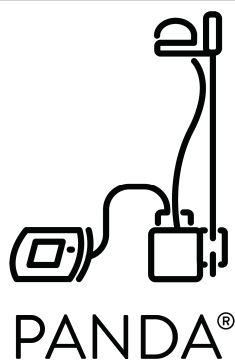
Sondage : Pdy2
 Site : canari 12_01_26
 Date : 12/01/2026 12:05
 Société :
 Opérateur : Richard CLAVEL
 Responsable : Richard CLAVEL
 Lat :
 Long :
 Altitude :
 Repérage :

Essai

Prof. visée : 5.0 m
 Prof. préforage :
 Cond. d'arrêt : Volontaire
 Prof. atteinte : 2.75 m
 Nappe :
 Niv. stable :
 Niv. non stable :

Caractéristiques

Type d'appareil : Panda
 Mode de battage : Manuel
 Section de pointe : 2 cm²
 Date d'étalonnage : 14/02/2025



Traitement

Écrêtage : Non
 Lissage : Non
 Régularisation : Non

Observation

Annexe 3 – FICHE DIAGNOSTIC



SMA CANARI (2B) - ADEME DIAGNOSTIC DES OUVRAGES



SITUATION GENERALE		Dénomination de l'ouvrage :		Ecran EC1		
	Localisation	SMA CANARI		Energie	200 kJ	
	Altitude du secteur	160 m		Hauteur utile	2,0 m	
	Nature du risque observé	Chute de pierres et blocs		Nb de modules	4	
	Visite d'inspection déjà réalisée	Oui	Non	Caractéristiques des poteaux	Acier galva	
	Si oui, date de dernière visite	-	-	Caractéristiques des ancrages	Ancrages barres creuses type ISCHBECK Ø32mm (câbles et poteaux)	
	Equipement de suivi existant	Oui	Non	Date de réalisation	année 2011	
Si oui, référence du ou des équipements		-		Date Visite	déc-25	
Autres :		Réalisé par		Réalisé par		
		Heaven Climber (HC)		IB		
PLAN DE L'OUVRAGE EXISTANT		Partie de l'ouvrage	Elément contrôlé	Nature du contrôle	Conforme	Non conforme
		Ancrages amont	Tête d'ancrage	Positionnement et état des éléments		x
			Dissipateur d'énergie	Positionnement et état de l'élément	x	
		Ancrages aval	Câble de hauban	Nombre de serre-câbles, cosses cœur, tension		x
			Tête d'ancrage	Positionnement et état des constituants	x	
		Ancrages latéraux	Câble de hauban	Nombre de serre-câbles, cosses cœur, tension		x
			Tête d'ancrage	Positionnement et état des constituants	x	
		Poteaux	Dissipateur d'énergie	Positionnement et état de l'élément	x	
			Câble de hauban	Nombre de serre-câbles, cosses cœur, tension		x
		Nappe d'interception	Pied de poteau	Massif béton, platine, crayons, ...	x	
			Inclinaison p/r terrain	Angle p/r pente moyenne		x
Câble de rive supérieur	Hauteur en milieu de flèche			x		
		Nappe d'interception	Manilles de liaison	Mise en place	x	
			Chargement	Présence de matériaux		x
		Bavette (si existante)		Positionnement, mise en œuvre, ...	-	-
				Etat général	MAUVAIS	
INFORMATIONS / DESCRIPTION DES DESORDRES CONSTATES		NATURE DES TRAVAUX A ENTREPRENDRE				
Modules 1 & 2 remplis de matériaux éboulis et terre > Hauteur utile réduite a 1 m sur module 1 et 0,5 m sur module 2 mais création d'une banquette soutenue par le filet ASM		Mise en œuvre d'un nouveau câble supérieur Ø16 mm fixé à l'aide de manilles entre les têtes des poteaux P1 / P2/ P3 et fixation d'une nappe de grillage double torsion en maille 60x80 mm pour permettre de reconstituer une hauteur d'interception				
Un arbre est tombé sur le module 2		Découpe et évacuation de l'arbre				
Le poteau P3 est incliné, l'ancrage de son hauban amont (H _{AM3}) est partiellement descellé et tordu au niveau de la manille d'accroche des câbles		Fourniture et mise en place d'un nouvel ancrage GEWI Ø25m L=3m et reprise du poteau				
Le poteau P5 est couché, l'ancrage de son hauban amont (H _{AM5}) est HS, il apparaît cisailé suite à sollicitation (surcharge)		Fourniture et mise en place d'un nouvel ancrage GEWI Ø25m L=3m et reprise du poteau				
Les ancrages apparaissent corrodés de manière générale sur les parties exposées à l'air libre, des résidus de peintures sont encore visibles						
P1 à P5 - Les dissipateurs d'énergie n'ont pas ou peu été sollicités et montrent peu de corrosion						
Les câbles et les grillages montrent peu de corrosion dans l'ensemble pour ceux à l'air libre, mais une corrosion moyenne pour ceux au contact des matériaux meubles						
		Rem : > la réalisation de cet écran était nécessaire pour les aménagements divers du site dont les terrassements de la piste. Depuis, les zones de départs potentielles sont réduites au seul talus situé sous la piste C. Par conséquent les éventuels blocs auront des trajectoires roulantes qui seront fortement amorties et/ou stoppées par la végétation tant qu'elle existe, et les banquettes horizontales constituées par les accumulations de matériaux dans les nappes de filet.				

PHOTOGRAPHIES

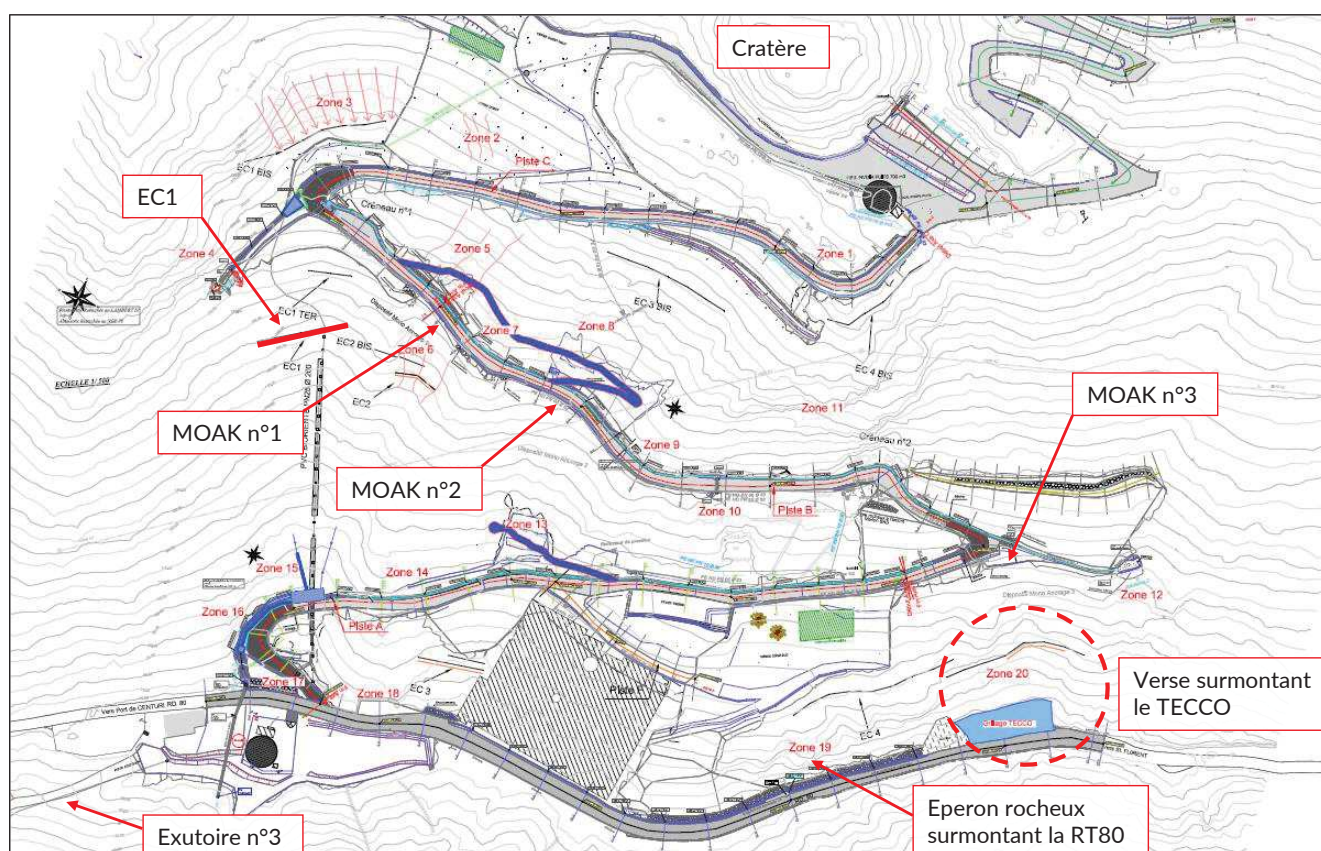
Dénomination de l'ouvrage

Écran EC1



Annexe 4 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES DIAGNOSTIC

SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Vue générale



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
MOAK n°1



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
MOAK n°1



Rupture du hauban de tête
au niveau du terrain encore
en place

Hauban de tête encore
liaisonné au parement mais
détendu

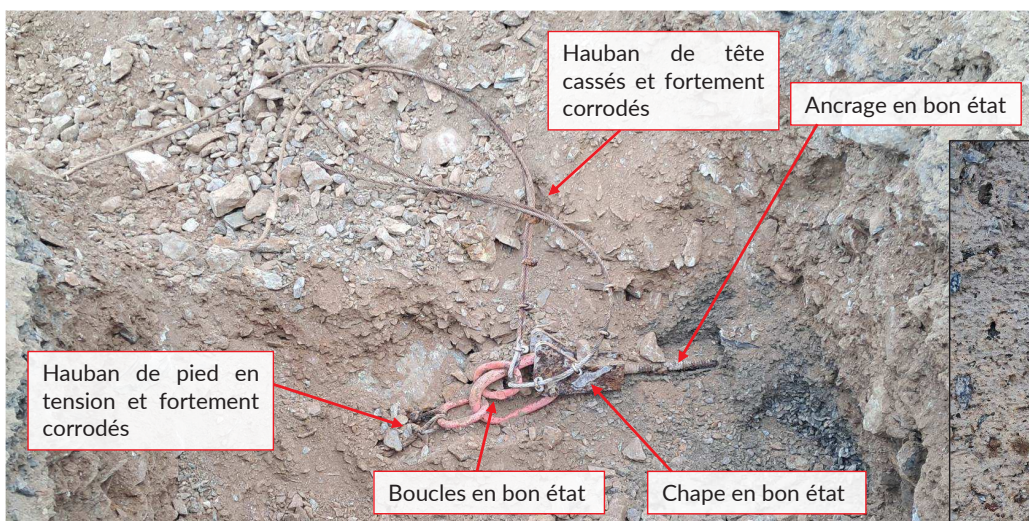


Rupture du sertissage du
hauban de tête coté
parement

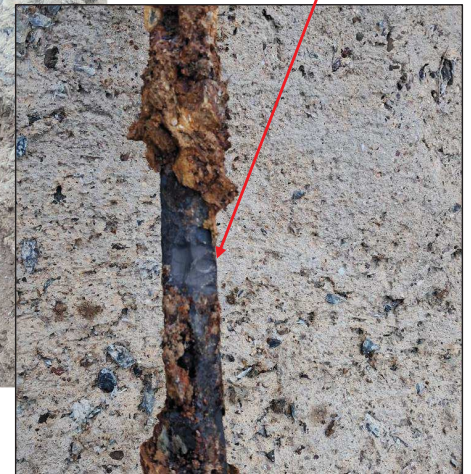
Cosse-cœur encore en
place au niveau de la
fixation de tête au
parement



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site MOAK n°1

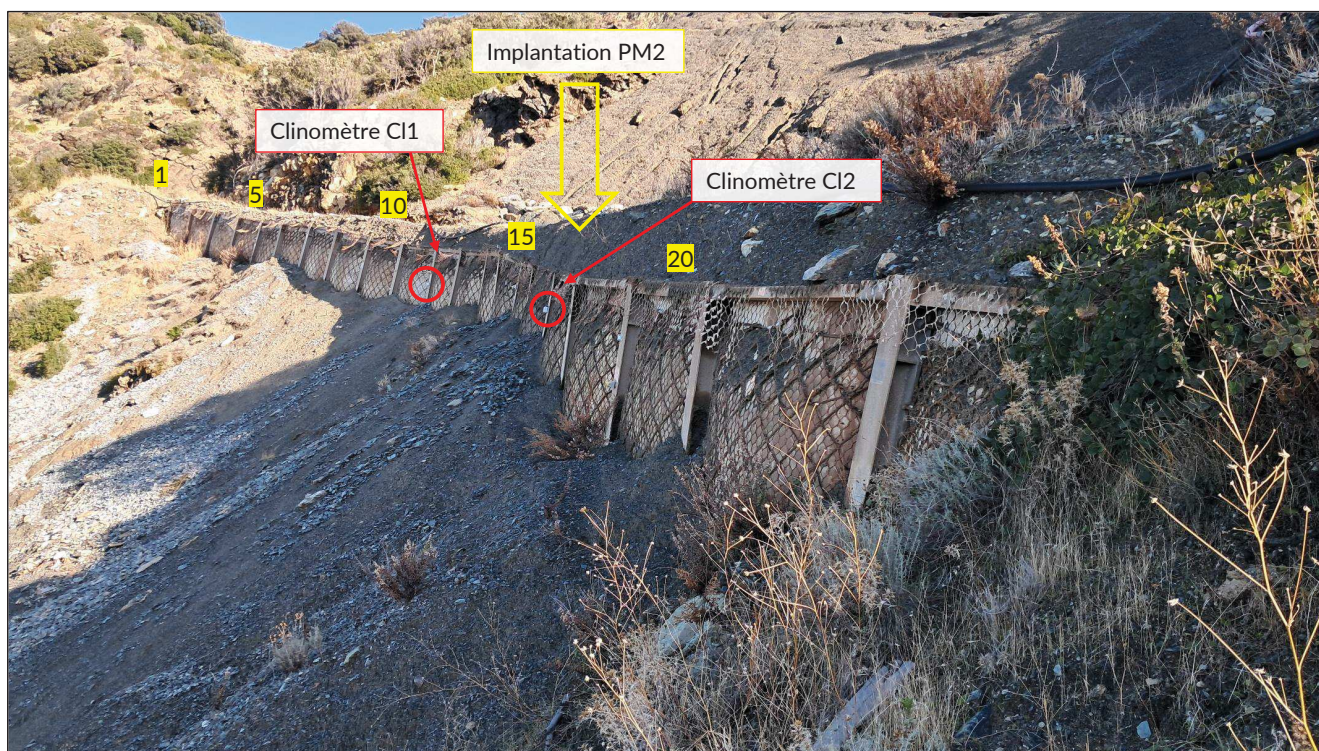


Elément métallique (barmine ou tige de forage ?) retrouvé au cours du sondage PM1, attestant de la corrosivité de l'environnement

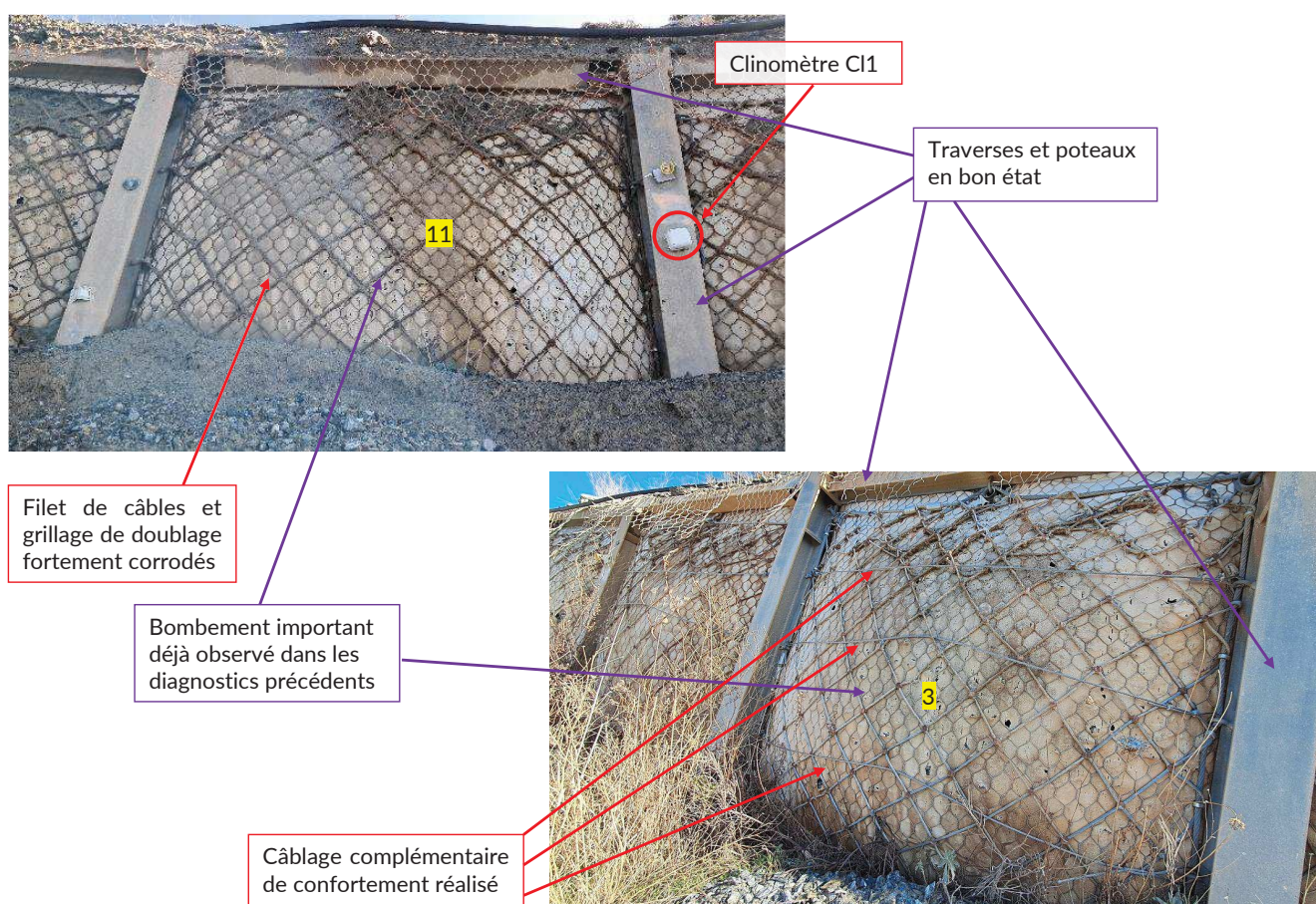


L'arrosage du site à l'eau de mer à rendu les eaux et les sols du site corrosifs pour les éléments métalliques. Cette corrosion a entraîné la perte progressive de la résistance des haubans notamment. Devant une sollicitations particulièrement importante liée à des précipitations exceptionnelles, un des haubans de tête à rompu. Le système constructif des modules a entraîné la rupture de l'ensemble des câbles de tête et ainsi le basculement général de l'ouvrage.

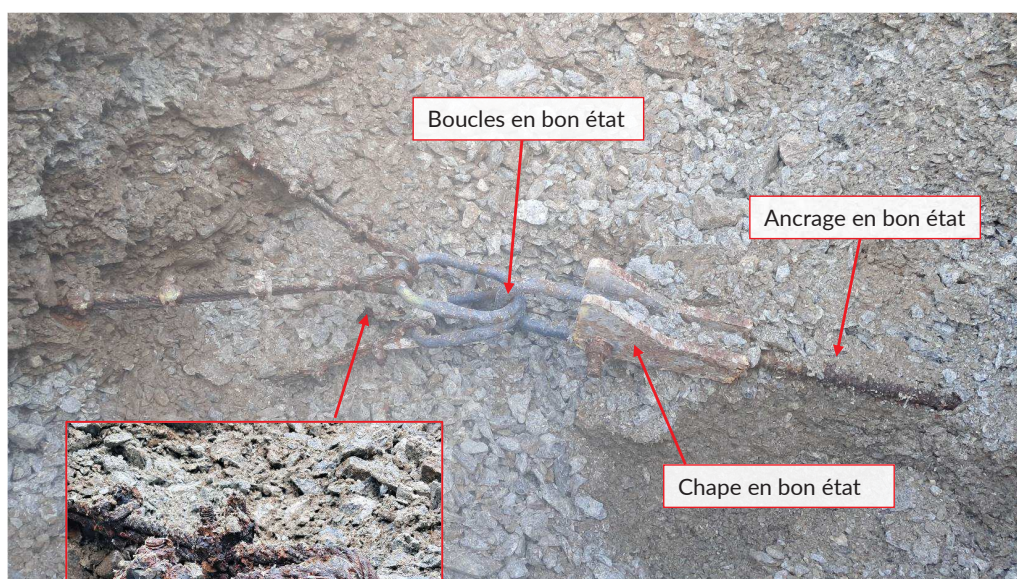
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
MOAK n°2



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site MOAK n°2



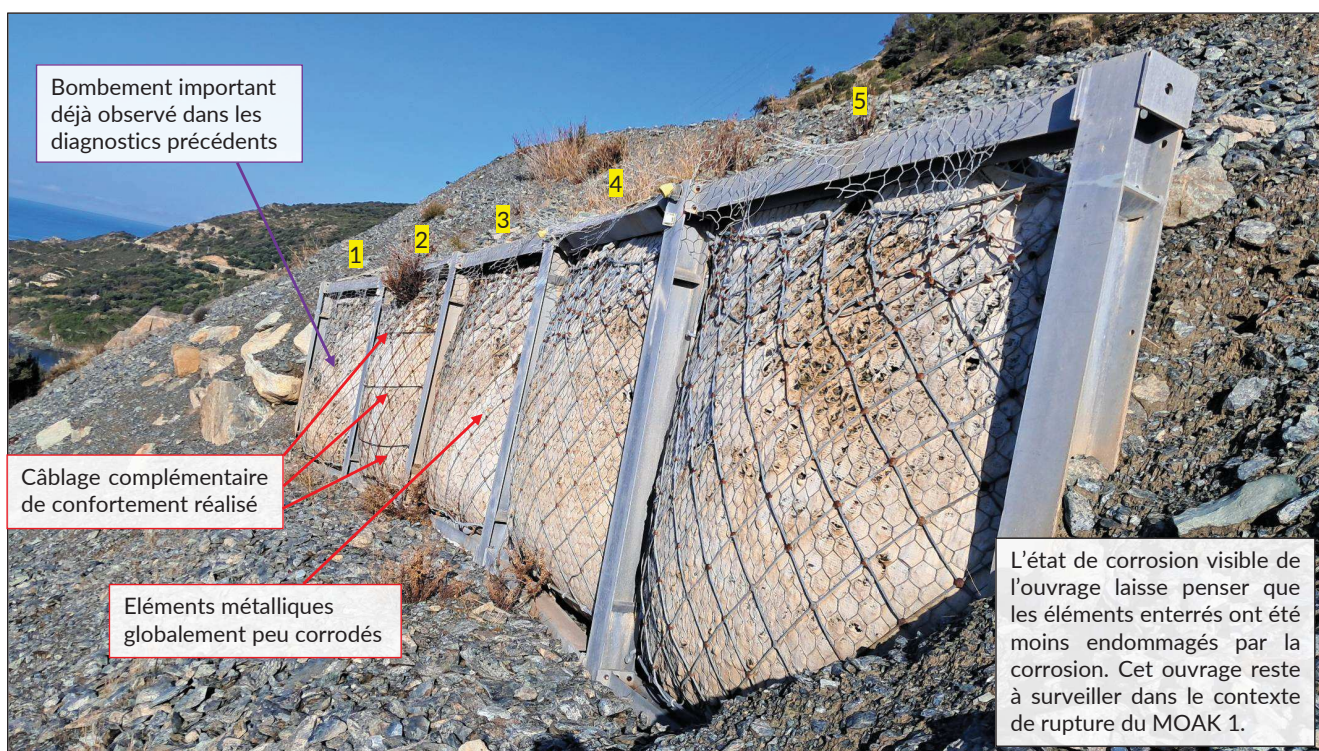
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site MOAK n°2



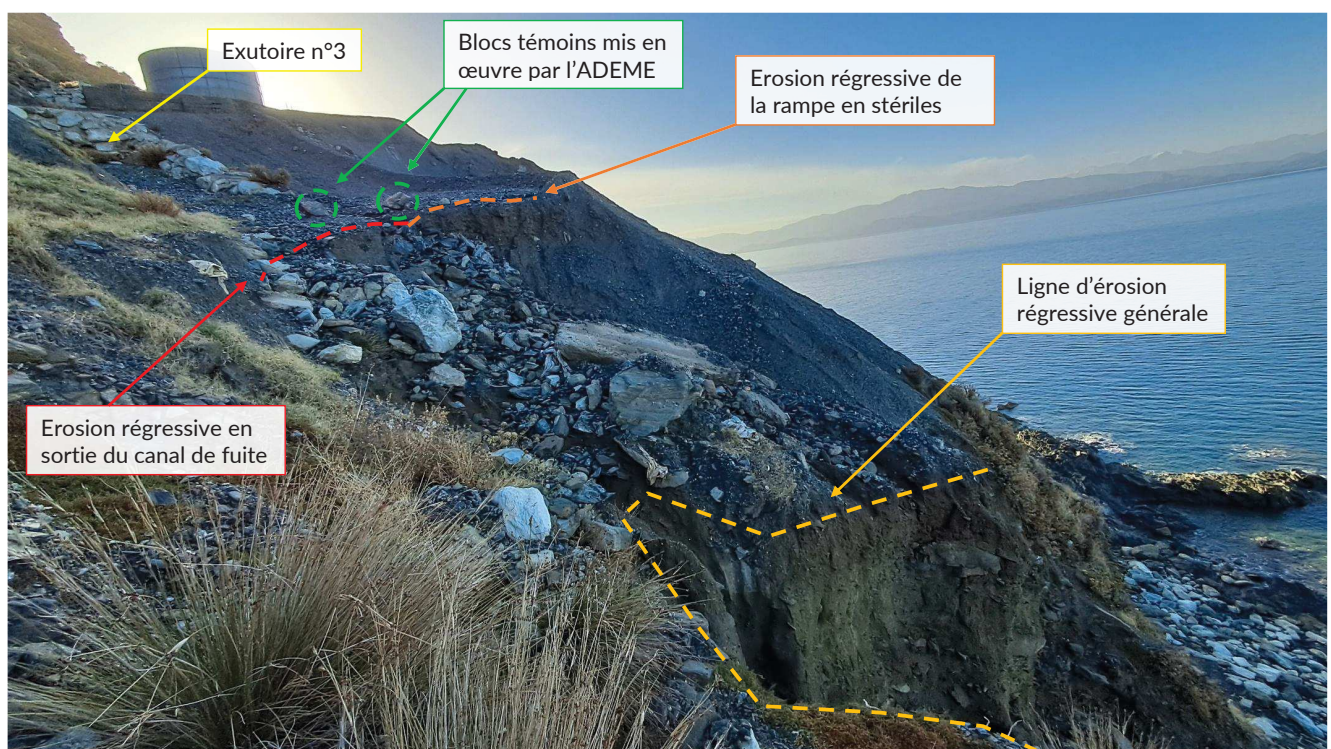
L'arrosage du site à l'eau de mer à rendu les eaux et les sols du site corrosifs pour les éléments métalliques. Cette corrosion a entraîné la perte progressive de la résistance des haubans notamment. Le même mécanisme de rupture par basculement est attendu pour cet ouvrage.



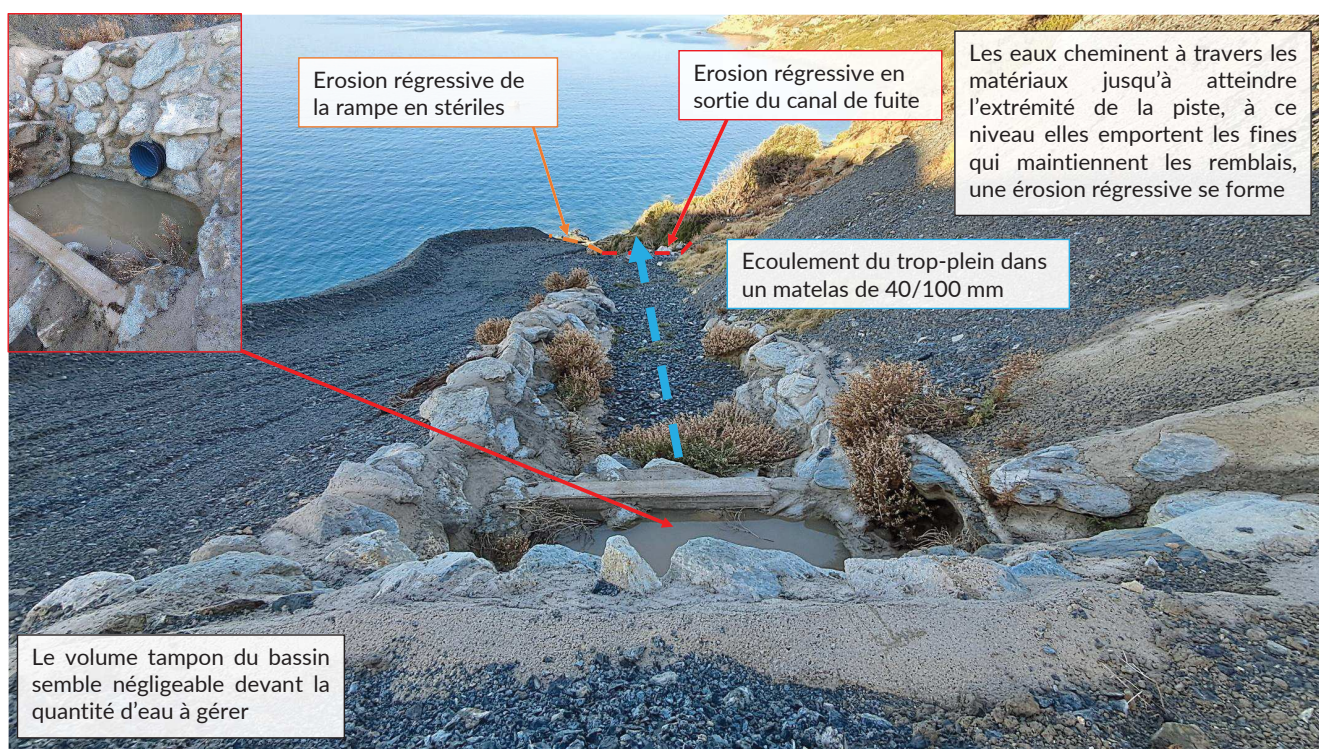
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site MOAK n°3



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Exutoire n°3



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Exutoire n°3



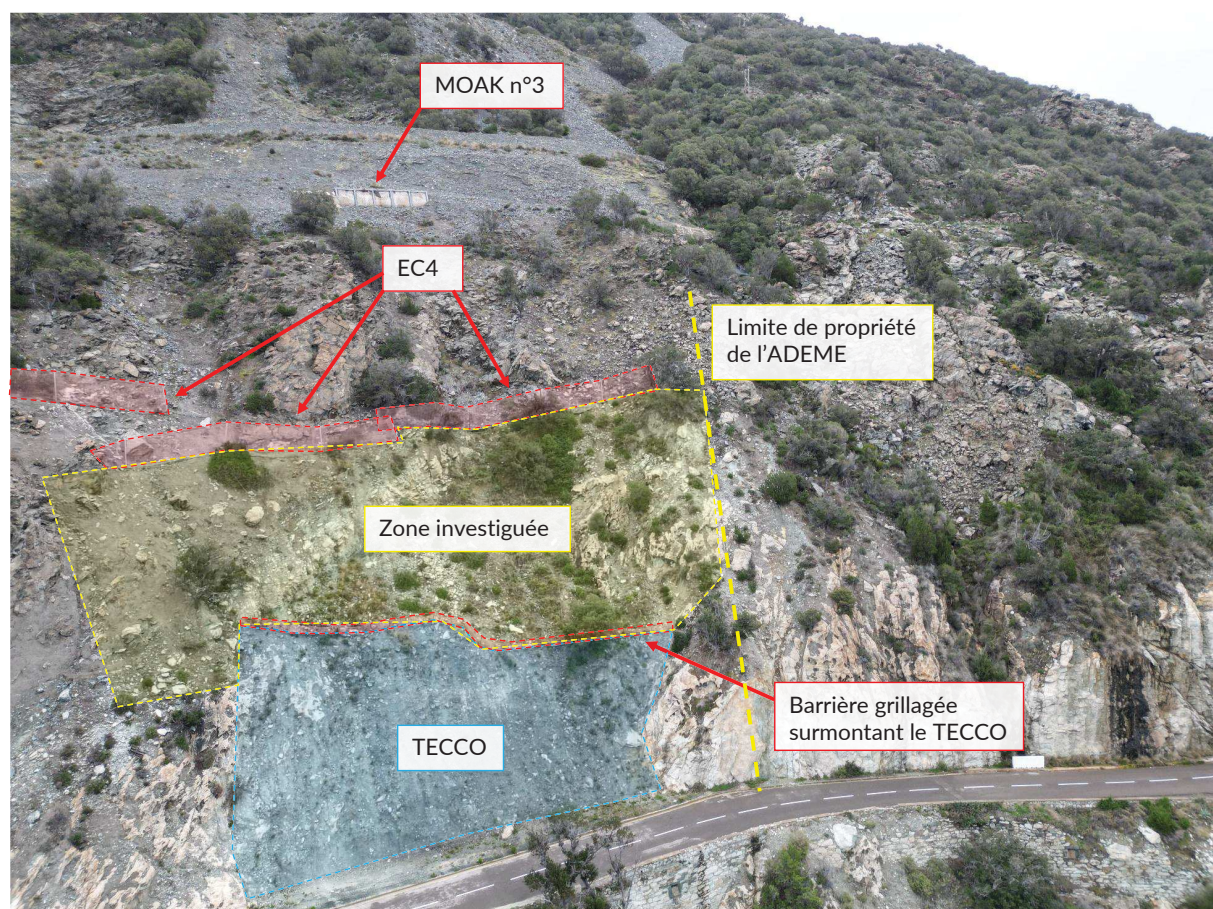
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Exutoire n°3



La comparaison des photographies prises avant travaux (2020) et pendant les travaux d'aménagement de l'exutoire n°3 (2022) avec les photographies prises au cours de nos visites réalisées fin 2025, début 2026 (pages ci-dessus) nous permet de constater le recul faible de la ligne d'érosion générale de la côte. Les colluvions qui constituent le ressaut visible semblent plutôt résistants à l'érosion.

En effet, l'incision localisée à l'axe de la sortie du canal de fuite existait avant la création de l'exutoire n°3 et ne semble pas présenter d'élargissement ou d'approfondissement notable depuis 2020.

SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Verse surmontant le TECCO



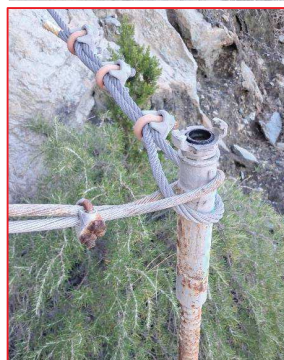
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Verse surmontant le TECCO



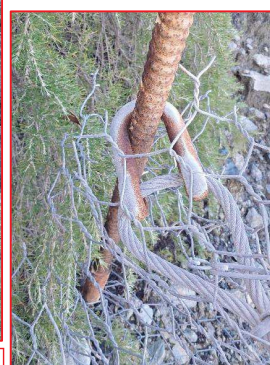
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Verse surmontant le TECCO



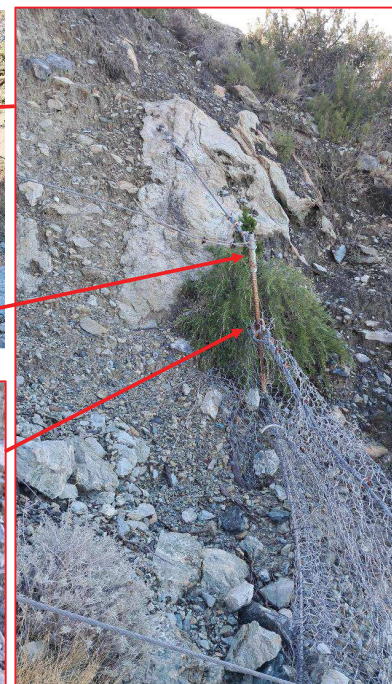
Verse surmontant directement l'extrémité rive droite de la barrière. Nombreux blocs instables posés dans la pente, facilement remobilisable à la faveur de l'érosion.



Câbles d'haubanage de tête et latéral non maintenus

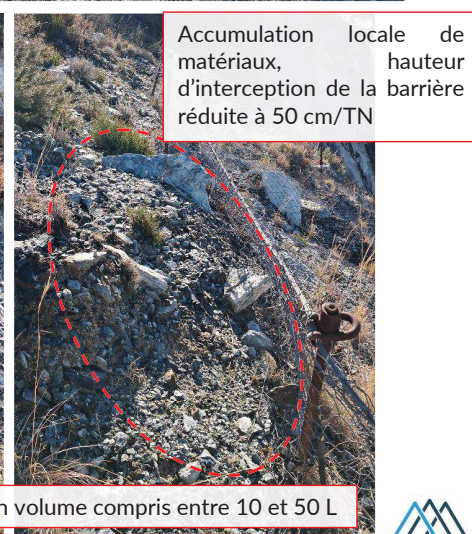
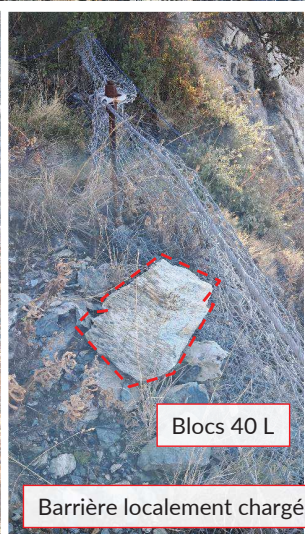
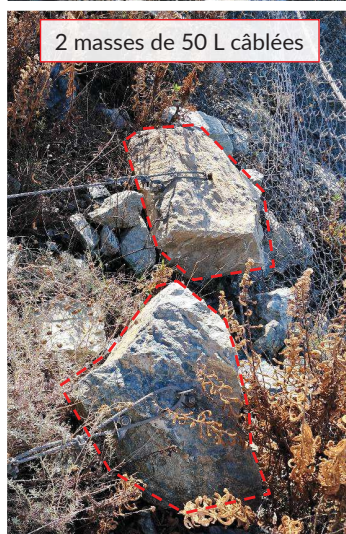
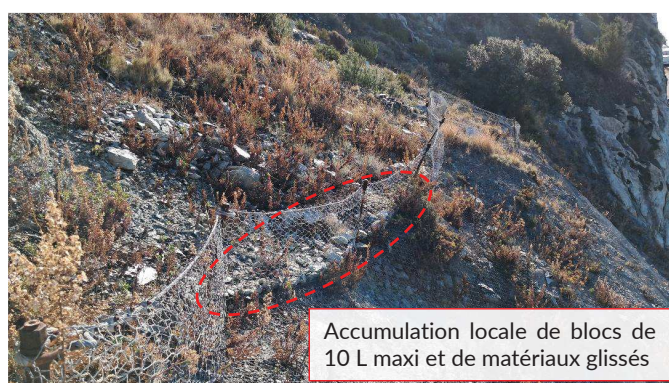


Manille du câble de tête non boulonnée



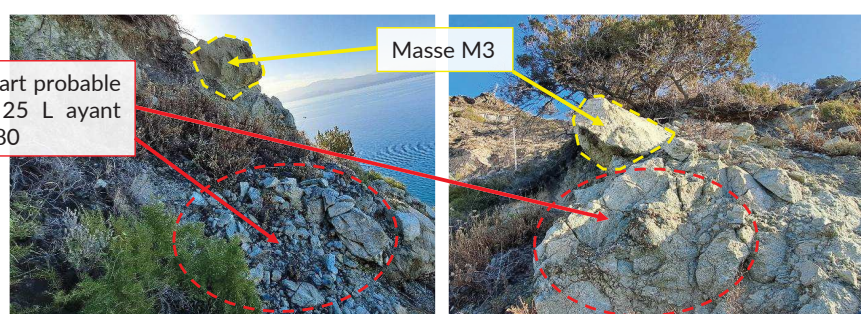
Poteau d'extrémité rive gauche de la barrière partiellement achevée ? démonté localement pour réaliser une purge ?

SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Verse surmontant le TECCO



Barrière localement chargée de matériaux et de blocs d'un volume compris entre 10 et 50 L

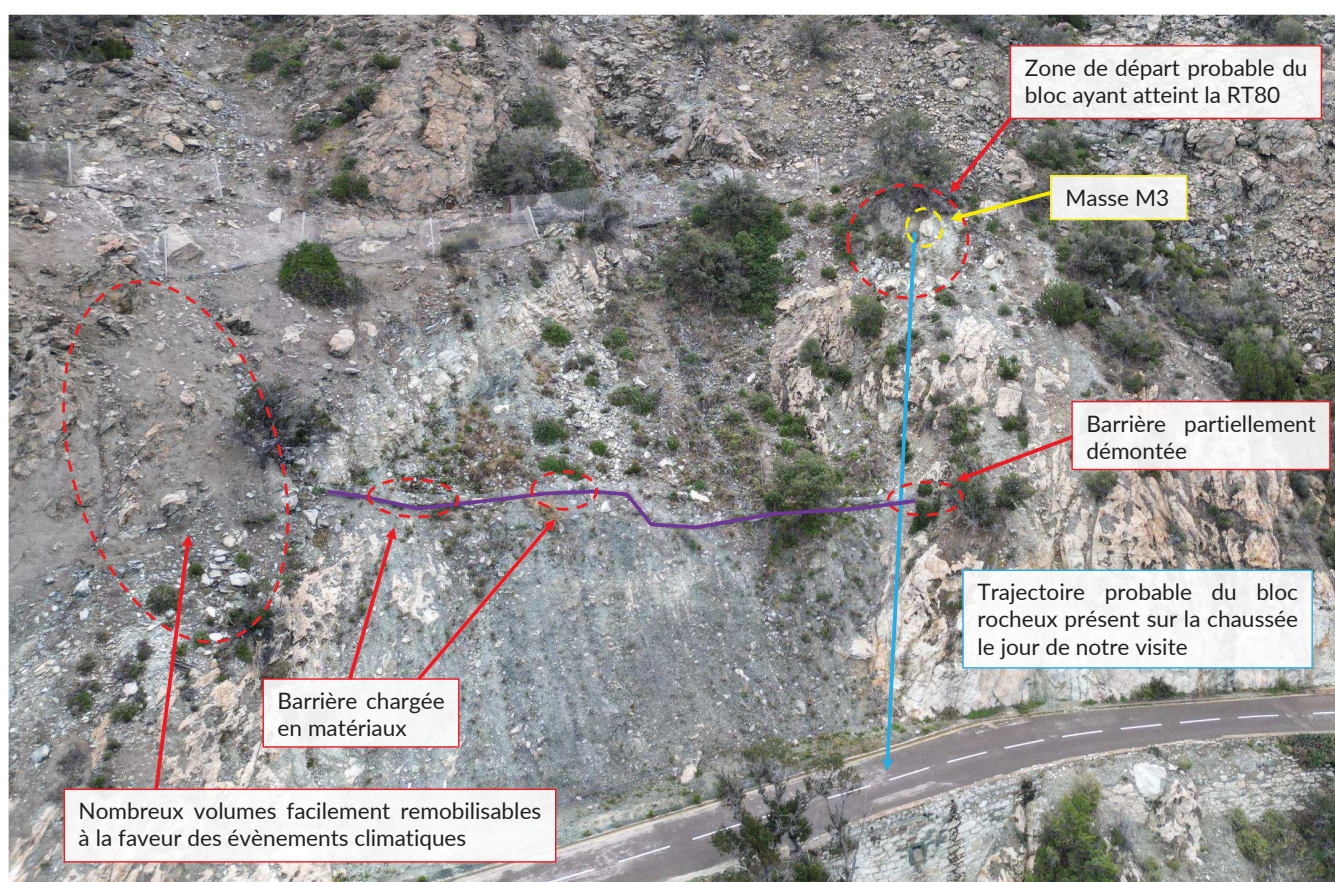
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site Verse surmontant le TECCO



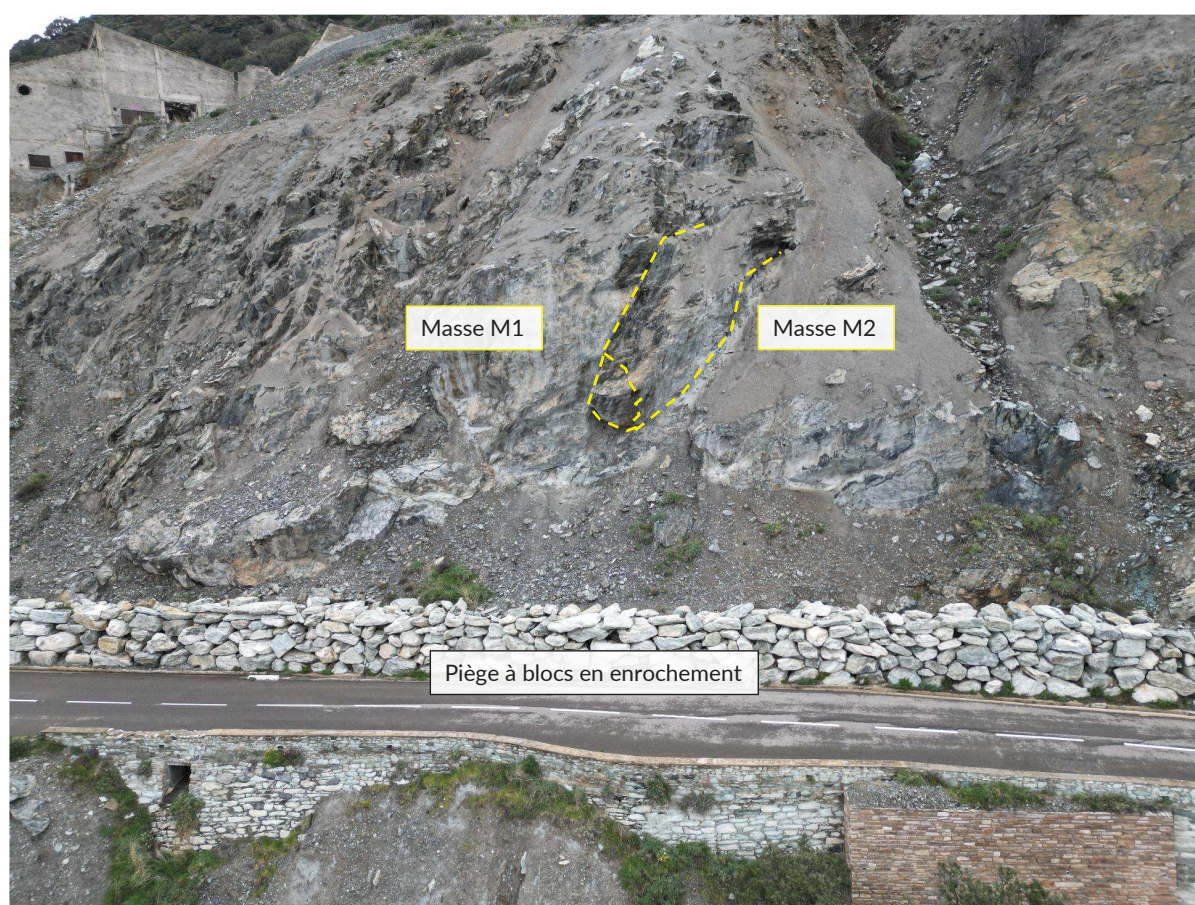
Dénomination	M3	Nature	Surplomb	Classe d'instabilité	Chute de blocs
Dimensions	0,8 x 1,8 x 1,0 m	Volume total	1,5 m3	Volume résiduel	1 m3
Mode de rupture	Rupture de surplomb	Inclinaison du plan de glissement	Vertical	Aléa de départ	Moyen
Observations	Surplomb dans une zone fracturée				

Dénomination	Général	Nature	Dièdre	Classe d'instabilité	Chute de pierres
Dimensions	Variable	Volume total	50 L	Volume résiduel	50 L
Mode de rupture	Glissement dièdre	Inclinaison du plan de glissement	Variable	Aléa de départ	Elevé
Observations	Nombreux petits volumes en limite de stabilité				

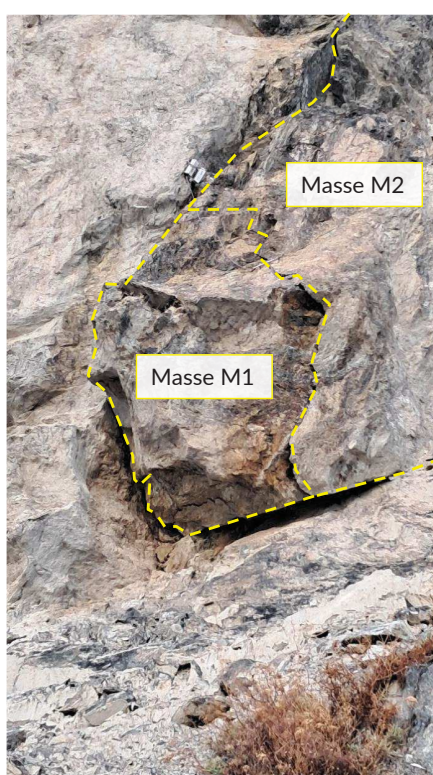
SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Verse surmontant le TECCO



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Eperon surmontant la RT80



SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Eperon surmontant la RT80



Dénomination	M1	Nature	Dièdre	Classe d'instabilité	Chute de blocs
Dimensions	2,0 x 1,0 x 1,0 m	Volume total	2,0 m ³	Volume résiduel	2,0 m ³
Mode de rupture	Glissement dièdre	Inclinaison du plan de glissement	Vertical	Aléa de départ	Moyen ⁽¹⁾
Observations	Dièdre découpé et légèrement en surplomb ⁽¹⁾ Aléa de départ à surveiller à l'aide du suivi fissuro				

Dénomination	M2	Nature	Dièdre	Classe d'instabilité	Chute de masse
Dimensions	8 x 1,5 x 2 ⁽²⁾	Volume total	> 10,0 m ³	Volume résiduel	5,0 m ³
Mode de rupture	Glissement dièdre	Inclinaison du plan de glissement	60° ⁽²⁾	Aléa de départ	Faible ⁽¹⁾
Observations	Dièdre découpé et légèrement en surplomb ⁽¹⁾ Aléa de départ à surveiller à l'aide du suivi fissuro ⁽²⁾ Si le suivi fissuro mets en évidence le besoin de traitement de ce volume, il devra être mesuré précisément par une intervention en technique acrobatique, les dimensions présentées étant indicatives				

Dénomination	Général	Nature	Dièdre	Classe d'instabilité	Chute de pierre
Dimensions	Variable	Volume total	100 L	Volume résiduel	100 L
Mode de rupture	Glissement dièdre	Inclinaison du plan de glissement	Variable	Aléa de départ	Elevé
Observations	Nombreux petits volumes en limite de stabilité. Leurs trajectoires sont largement interceptées par le piège à blocs en aval.				

Annexe 5 – METHODE D'ANALYSE DU RISQUE ROCHEUX

EVALUATION DES RISQUES D'ÉBOULEMENTS ROCHEUX (Selon les directives du LCPC)

Un risque naturel résulte du croisement de deux composantes :

$$\text{Aléa de Rupture} \times \text{Vulnérabilité} = \text{Risque}$$

1 - L'ALÉA DE RUPTURE

Le niveau d'aléa de rupture concerne un phénomène naturel rocheux répertorié par classe. On le définit à partir de la conjonction entre l'occurrence de déclenchement du phénomène et le délai dans lequel le phénomène peut se produire.

La classe des instabilités (identifiée en falaise) est caractérisée par les volumes rocheux mis en jeu lors de la phase d'écroulement, conformément à la grille suivante :

Classe	Description
Chutes de pierres	Volumes unitaires inférieurs à 10 litres
Chutes de blocs	Volumes unitaires métrique à plurimétriques (dans le cas de formations massives, certains blocs peuvent dépasser les 50 m ³)
Eboulements en masse limitée	Volume total en jeu inférieur à quelques centaines de m ³
Eboulements en grande masse	Volume total en jeu pouvant dépasser le millier de m ³
Eboulement catastrophiques	Volume total pouvant atteindre et dépasser le million de m ³

L'occurrence est définie à la date de l'étude et concerne une probabilité de déclenchement du phénomène considéré, induit par les facteurs déterminants mesurés sur site. On distingue :

Occurrence	Notation	Description
Très élevée	TE	Tous les facteurs déterminants et de forte intensité (<i>Occurrence du phénomène est normale, sa non occurrence serait exceptionnelle</i>)
Elevée	E	Tous les facteurs déterminants mais de faible intensité (<i>L'occurrence du phénomène est plus envisageable que sa non occurrence</i>)
Modérée	M	Tous les facteurs déterminants, sauf un. Le facteur non répertorié peut apparaître dans le temps. (<i>L'occurrence du phénomène est équivalente à sa non occurrence</i>)
Faible	F	Les facteurs déterminants sont diffus et / ou mal définis (<i>La non occurrence du phénomène est plus envisageable que son occurrence</i>)
Très faible	TF	Aucun facteur déterminant n'est visible

		(La non occurrence du phénomène est normale, son occurrence serait exceptionnelle)
--	--	--

Les facteurs déterminants, pour l'étude d'un compartiment rocheux particulier concernant sa géométrie (et notamment la position de son centre de gravité par rapport à l'axe principal de la paroi), son niveau de fracturation, des données structurales telles que le pendage de la surface de décollement potentielle, le mécanisme de rupture envisagé mais aussi l'exposition aux intempéries de la zone étudiée, les indices d'évolution, la présence de végétation déstabilisante.

Le délai à l'intérieur duquel le phénomène a une probabilité considérée de se produire est défini ainsi :

Délai	Notation	Description
Long terme	LT	Supérieur à 30 ans et de l'ordre du siècle
Moyen terme	MT	De l'ordre de 10 à 30 ans
Court terme	CT	De l'ordre de 2 à 10 ans
Très court terme	TCT	De l'ordre de plusieurs mois à 2 ans
Imminent	I	Prise en compte immédiate (le délai se compte en heures, jours, semaines ou mois)

Le délai à long terme caractérise la dérive maximale pour laquelle l'aléa est qualifiable.

Les délais sont des appréciations qui peuvent être sensiblement modifiées par des phénomènes naturels imprévisibles (événements climatiques, incendies, séismes...).

⇒ Le niveau d'aléa de rupture pour une classe de phénomène rocheux sera exprimé suivant cinq niveaux issus des combinaisons des tableaux détaillés ci-avant :

Aléa de rupture		Occurrence				
		Très Elevée	Elevée	Modérée	Faible	Très faible
Délai	Imminent	Très Elevé	Très Elevé			
	Très court terme	Très Elevé	Elevé	Elevé	Modéré	Modéré
	Court terme	Elevé	Elevé	Modéré	Modéré	Faible
	Moyen terme	Elevé	Modéré	Modéré	Faible	Très faible
	Long terme	Modéré	Modéré	Faible	Très faible	Très faible

2 - LA VULNERABILITE

La vulnérabilité exprime le niveau de conséquences envisageables du phénomène naturel sur les enjeux.

Elle résulte du croisement entre l'exposition aux trajectoires et les dommages potentiels.

L'exposition aux trajectoires de l'enjeu est caractérisée par la probabilité d'atteinte de l'enjeu lors de la propagation des éléments rocheux.

Elle tient compte des conditions de départ, de la topographie du site, de la proximité de l'enjeu par rapport à la zone d'initiation, des obstacles naturels et artificiels pouvant être rencontrés, et des éventuels indices d'anciennes propagations.

Sa définition est basée sur les résultats d'une simulation trajectographique ou, le cas échéant, sur l'appréciation d'un expert (approche qualitative). Elle est définie de la manière suivante :

	Classe d'exposition
Très faible	<i>Approche qualitative</i> : L'atteinte de l'enjeu par une trajectoire semble impossible <i>Approche trajectographique</i> : Inférieur à 1 bloc sur 1 000 000, soit $<10^{-6}$
Faible	<i>Approche qualitative</i> : L'atteinte de l'enjeu par une trajectoire serait considérée comme exceptionnelle <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 10 000 à 1 bloc sur 1 000 000, soit de 10^{-4} à 10^{-6}
Moyenne	<i>Approche qualitative</i> : La probabilité d'atteinte de l'enjeu par une trajectoire est plus faible que la probabilité de ne pas l'atteindre <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 100 à 1 bloc sur 10 000, soit de 10^{-2} à 10^{-4}
Importante	<i>Approche qualitative</i> : La probabilité d'atteinte de l'enjeu par une trajectoire est plus forte que la probabilité de ne pas l'atteindre <i>Approche trajectographique</i> : De 1 bloc sur 2 à 1 bloc sur 100, soit de 50% à 1% (10^{-2})
Très importante	<i>Approche qualitative</i> : L'atteinte de l'enjeu par une trajectoire semble garantie <i>Approche trajectographique</i> : Supérieur à 1 bloc sur 2, soit $> 50\%$

Les dommages potentiels sont les dommages associés pouvant être subis par les enjeux, et dépendent donc de la classe de l'instabilité.

Il existe différents enjeux susceptibles d'être touchés par des trajectoires de blocs, on distingue :

- les infrastructures (routes, voies ferrées, réseaux divers...),
- les bâtiments (maisons individuelles, lotissements, immeubles...),
- les personnes (accès bâtiments, jardins, cheminement piéton, GR...).

Remarque : ce dernier enjeu doit être pris en compte lorsque des personnes peuvent être directement exposées aux trajectoires.

Les dommages potentiels seront exprimés suivant quatre niveaux d'intensité (cf. tableau page suivante).

Infrastructures	Bâtiments	Personnes	Dommages potentiels
Le phénomène conduirait à des dégâts limités (endommagement de la structure, impact de faible intensité sur une partie de l'ouvrage sans coupure à prévoir).	Endommagement de toitures, impact de mur sans perforation.	Passage ponctuel à fréquence annuelle sous une zone concernée par de phénomènes de chute de pierres et de blocs, sans stationnement	Limités
Le phénomène conduirait à une destruction partielle (endommagement et/ou percussion sans destruction complète). Il peut conduire à la coupure ponctuelle d'un axe à caractère économique important.	Percussion avec destruction d'une petite partie du bâtiment (perforation du toit ou du mur)	Passage ponctuel à fréquence mensuelle ou hebdomadaire sous une zone concernée par des phénomènes de chute de pierres et de blocs, sans stationnement.	Modérés
Le phénomène conduirait à la destruction de l'enjeu (destruction ou écrasement complet, impacts multiples de pierres ou destruction complète de la structure). Le phénomène peut avoir des répercussions économiques très importantes (fermeture sur une longue période).	Destruction ou écrasement complet ou en grande partie de bâtiments, impacts multiples de pierres ou de blocs sur un mur avec perforation certaine.	Stationnement sous une zone exposée à des chutes de pierres et de blocs durant une période de l'ordre du mois = cas de figure d'un chantier.	Importants
	Le phénomène conduirait à la destruction de l'enjeu et concerne plusieurs bâtiments (plusieurs parcelles) ou des constructions à forte densité de population (immeubles...)	Stationnement permanent sous une zone exposée à des chutes de pierres et de blocs = cas de figure d'un site touristique, d'un passage urbain.	Très importants

⇒ La vulnérabilité pour un enjeu donné sera exprimée suivant cinq niveaux issus des combinaisons des tableaux détaillés ci-avant :

Vulnérabilité		Exposition aux trajectoires				
		Très Importante	Importante	Moyenne	Faible	Très faible
Dommages potentiels	Très Importants	Très forte	Très forte	Forte	Moyenne	Faible
	Importants	Très forte	Forte	Forte	Moyenne	Faible
	Modérés	Forte	Moyenne	Moyenne	Faible	Très faible
	Limités	Moyenne	Moyenne	Faible	Très faible	

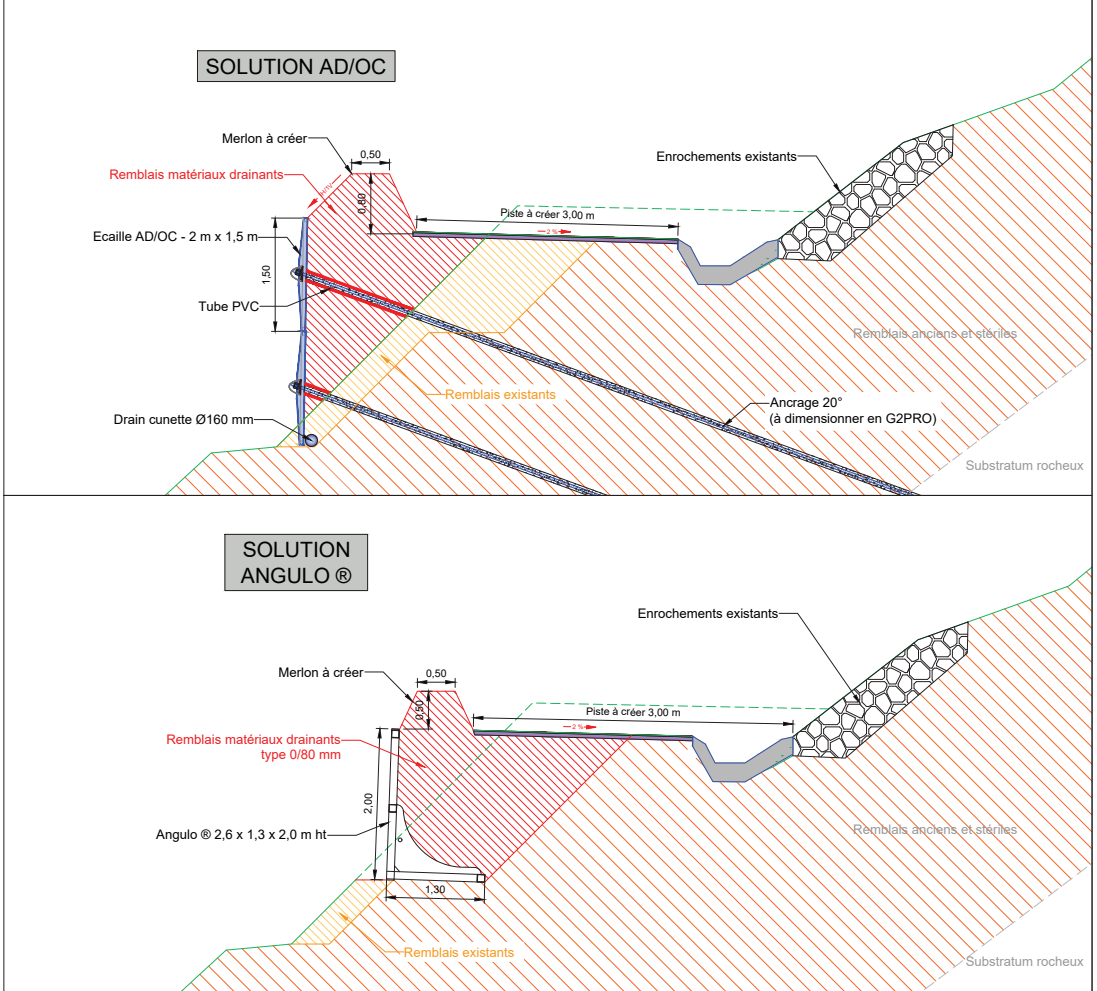
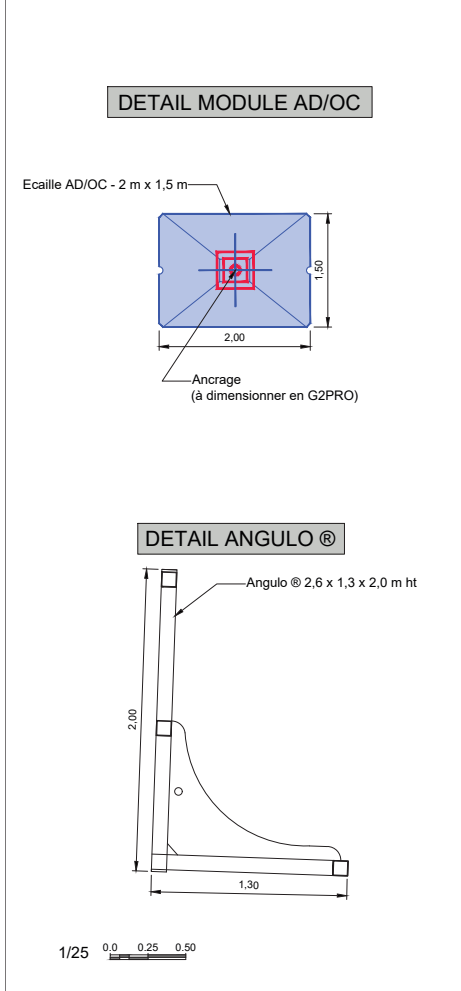
3 – DETERMINATION DU RISQUE

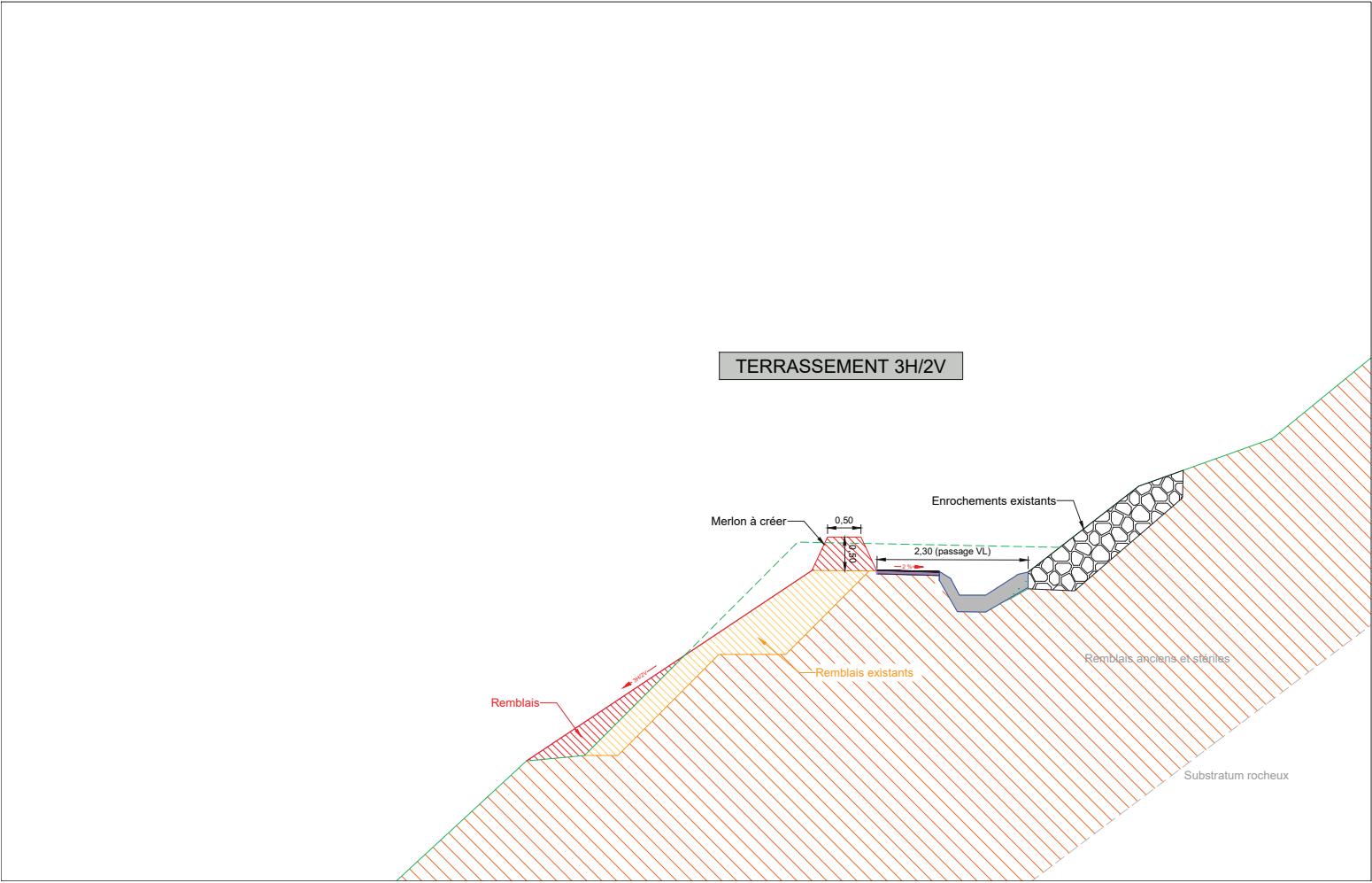
Le niveau de risque est déterminé par croisement entre la vulnérabilité et le niveau d'aléa de rupture.

Il est exprimé suivant cinq niveaux d'intensité :

Risque		Aléa de rupture				
		Très Elevé	Elevé	Modéré	Faible	Très Faible
Vulnérabilité	Très Forte	TRES FORT	TRES FORT	FORT	MOYEN	FAIBLE
	Forte	FORT	FORT	FORT	MOYEN	FAIBLE
	Moyenne	FORT	MOYEN	MOYEN	FAIBLE	TRES FAIBLE
	Faible	MOYEN	MOYEN	FAIBLE	TRES FAIBLE	
	Très faible	FAIBLE	FAIBLE	TRES FAIBLE		

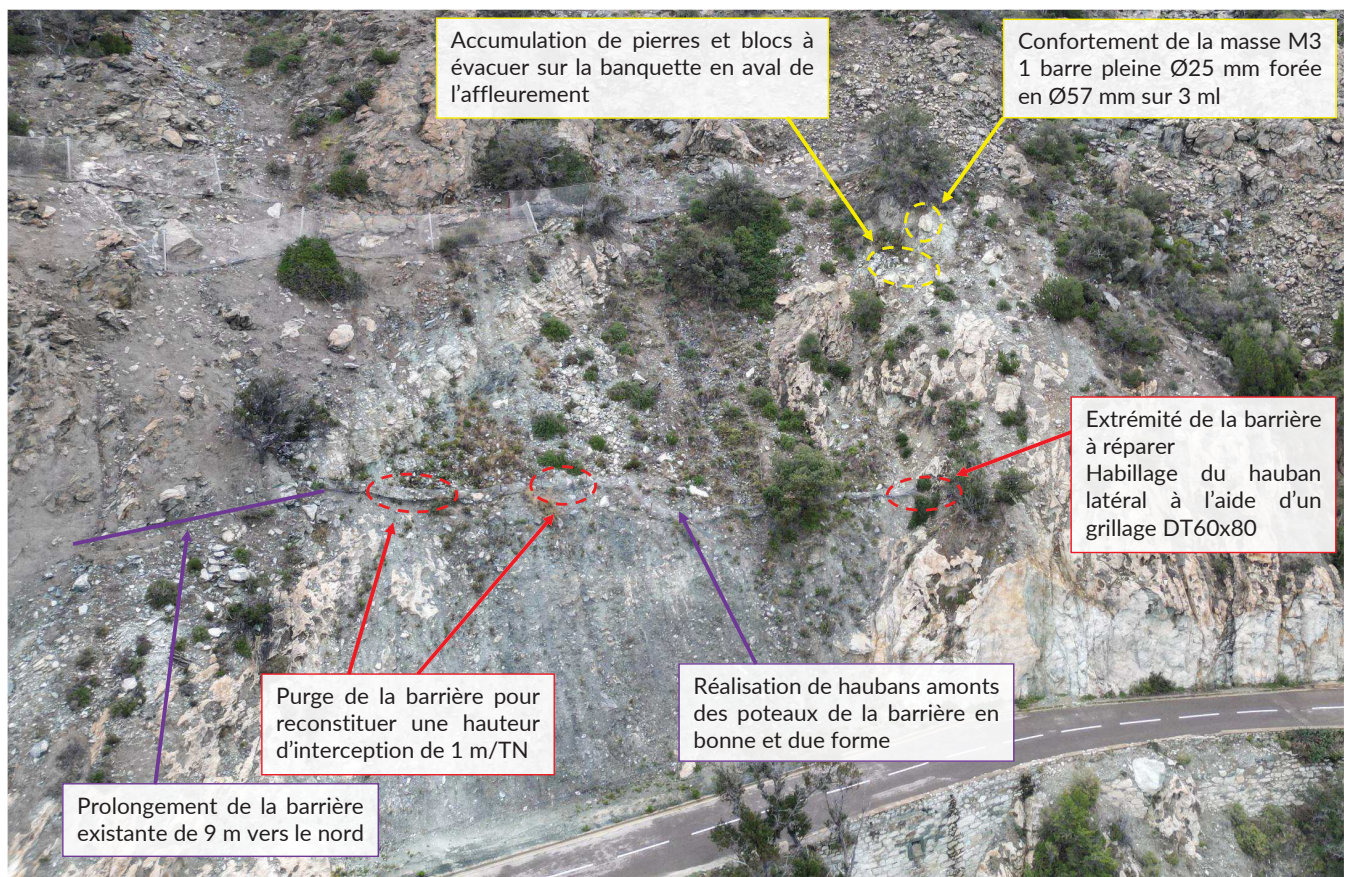
Annexe 6 – PLANS





Annexe 7 – PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES TRAVAUX

SMA Canari - ADEME – Sécurisation générale du site
Verse surmontant le TECCO





Alpes
Ingé

NOS DOMAINES D'ACTIVITÉS

RISQUES NATURELS

Chutes de blocs
Glissements de terrains & Stabilisation de talus
Avalanches
Risques glaciaires & périglaciaires
Crues torrentielles & Aménagements hydrauliques

GÉOTECHNIQUE & TRAVAUX SPÉCIAUX

Ouvrages de soutènement
Fondations spéciales
Diagnostics structurels & Inspections détaillées d'Ouvrages d'Art
Investigations géotechniques

AMÉNAGEMENTS EN MONTAGNE

Remontées mécaniques & Pistes de ski
Retenues d'altitude
Passerelles himalayennes
Aménagements de loisirs
Conduites forcées & Aménagements hydroélectriques

INSTALLATIONS CLASSÉES

Installations de stockage de déchets (ISDND & ISDI)
Digues et barrages
Mines & Carrières



Parc d'Activités Eurékalp
38660 SAINT VINCENT DE MERCUZE

04 76 08 81 84
contact@alpes-ingé.com
www.alpes-ingé.com