

KRUTH (68)
-
GRANDE RUE
-
**ETUDES DE SOLUTIONS DE SECURISATION
DES FALAISES SITES THUR AMONT**
-
AVANT-PROJET GEOTECHNIQUE

A LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DE
LA DIRECTION DEPARTEMENTAL DES TERRITOIRES DU HAUT-RHIN (DDT 68)

Dossier	25-1064-I-2-0-AVP	
Indice	Modifications	Date
0	Version initiale	22/01/2026

Nombre de pages : 26 + annexe(s)



LIEU :	16 au 30 Grande Rue
COMMUNE :	KRUTH (68)
OBJET :	Sécurisation contre les éboulements rocheux
TYPE DE MISSION :	Mission G2 phase AVP
CLIENT :	DDT 68
DOSSIER SUIVI PAR :	Annie Morgenthaler, cheffe du bureau prévention des risques

CHARGE D'AFFAIRE : T. GILLOT
CHEF DE PROJET : T. GILLOT
INTERVENANTS: M. PERRIN, T. GILLOT

Référence document :	25-1064-I-2-0-AVP
----------------------	-------------------

Rédacteur : M. PERRIN

Contrôle : T. GILLOT

SOMMAIRE

1 - PRESENTATION	5
1.1 - Contexte et objet de l'étude.....	5
1.2 - Localisation et limites de l'étude.....	5
1.3 - Hors étude	7
1.4 - Objectif du MOA	7
1.5 - Document de référence.....	7
2 - CONTEXTE NATUREL.....	8
2.1 - Géologie.....	8
2.1.1 - Géologie régionale.....	8
2.1.2 - Géomorphologie.....	8
2.2 - Hydrogéologie.....	11
2.3 - Aléas géotechniques	11
2.4 - Evènements passés.....	12
2.5 - Ouvrages existants	12
3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES VISUELLES.....	13
3.1 - Méthode utilisée	13
3.2 - Détail des phénomènes instables.....	14
3.2.1 - Détail du recensement	14
3.2.2 - Analyse de la propagation	16
3.2.3 - Aléa d'écroulement et aléa de départ.....	18
3.2.4 - Aléa Résultant	18
3.2.5 - Facteurs aggravants	19
4 - DEFINITION DES PARADES PRECONISEES	20
4.1 - Principes de parades.....	20
4.2 - Explication des parades	20
4.3 - Prédimensionnement des ouvrages	20
4.3.1 - Solution 1	20
4.3.2 - Solution 2	21
4.3.3 - Implantation.....	21
4.3.4 - Synthèse :	23
4.4 - Aléa rémanent après travaux.....	23
5 - RECOMMANDATIONS ET CONTRAINTES.....	24
5.1 - Incertitudes	24
5.2 - Réseaux	24
5.3 - Contrainte d'urbanisme.....	24
5.4 - Contraintes en phase travaux	24
5.4.1 - Autorisation d'urbanisme.....	24
5.4.2 - Accès et sécurisation	24
5.4.3 - Nuisances en phase chantier.....	25
5.4.4 - Etat des lieux et remise en état.....	25
5.4.5 - Entretien/maintenance des ouvrages	25
5.5 - Tréfonds	25
6 - DUREE ET ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX.....	26

ANNEXES

- Annexe n°1 : Méthodologie GÉOLITHE de détermination de l'aléa résultant ;
- Annexe n°2 : Fiches compartiments du secteur ;
- Annexe n°3 : Résultats des simulations trajectographiques ;
- Annexe n°4 : Norme NF P94-500 – Missions géotechniques.

1 - PRESENTATION

1.1 - CONTEXTE ET OBJET DE L'ETUDE

Dans le cadre de la protection contre les chutes de blocs provenant des escarpements rocheux situés à proximité d'enjeux (bâti et réseaux routiers) sur les communes de Felling, Kruth, Oderen, Urbès et Wildenstein, la DDT 68 a mandaté le bureau d'études GÉOLITHE pour une mission d'avant-projet géotechnique.

Cette mission intervient après plusieurs études réalisées par le BRGM en 2022 et 2024 pour caractériser et cartographier l'aléa « chutes de blocs et de pierres ».

L'objectif de cette étude est d'apporter une vision complémentaire, et de proposer quand nécessaire une solution de sécurisation de ces escarpements.

La présente étude correspond à une mission géotechnique G2 phase AVP selon la classification des missions géotechniques, norme NF P 94-500 de novembre 2013. Elle a pour objectif de :

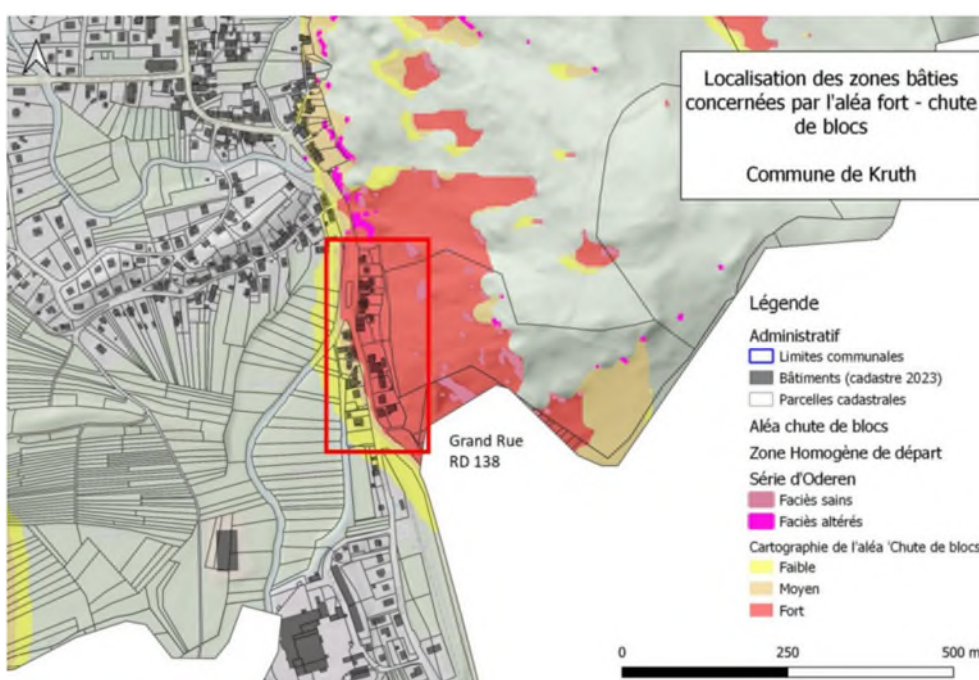
- ✓ Faire l'état des lieux des sites et faire un relevé détaillé des phénomènes instables ;
- ✓ Définir des principes de parades pour la mise en sécurité du site ;
- ✓ Réaliser le prédimensionnement des ouvrages ;
- ✓ Présenter les contraintes liées au site ;
- ✓ Réaliser l'estimation financière des travaux de sécurisation.

Les reconnaissances ont été réalisées par M. PERRIN et T. GILLOT durant le mois de décembre 2025.

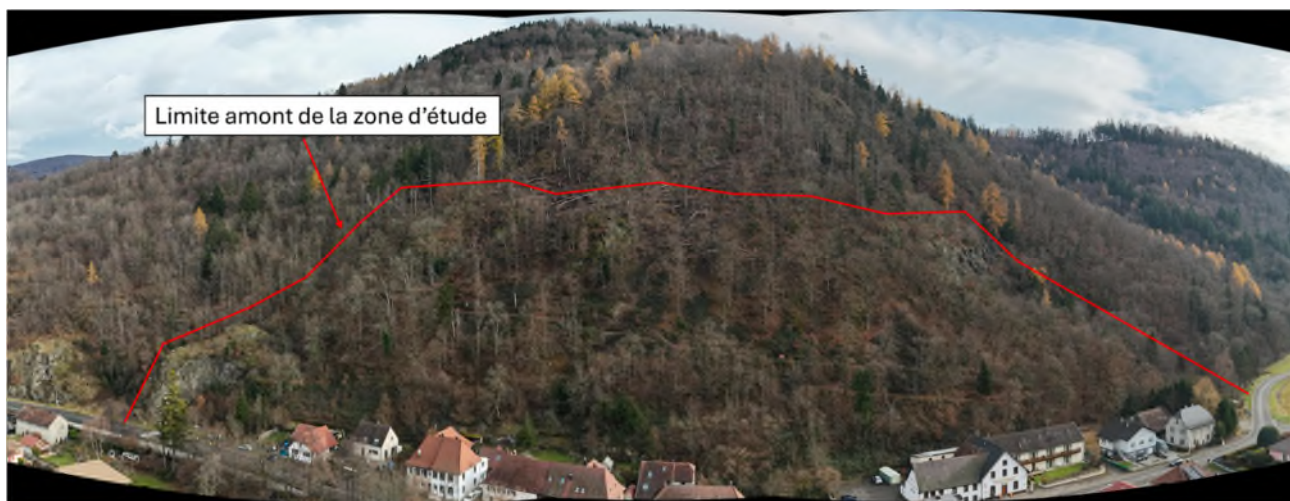
1.2 - LOCALISATION ET LIMITES DE L'ETUDE

La zone étudiée est localisée sur les parcelles 0039, 0040, 0047 et 0048 de la section 23. L'étude concerne les affleurements rocheux se trouvant sur les parcelles communales en amont des enjeux (habitations et RD138).

La localisation de la zone d'étude est précisée ci-dessous :



Localisation du site d'étude – Extrait du CCTP



Localisation des limites sur photographie drone

L'étude est focalisée sur le versant en amont des enjeux.



Photographie de la limite Nord en pied de versant, au niveau des enjeux



Photographies des limites Nord et Sud en versant

1.3 - HORS ETUDE

Les affleurements situés au Nord de la zone d'étude, cartographiés en aléa faible, et tout affleurement hors des limites fixées dans le CCTP n'ont pas été étudié dans la présente mission.



Photographie de l'affleurement non considéré dans l'étude

1.4 - OBJECTIF DU MOA

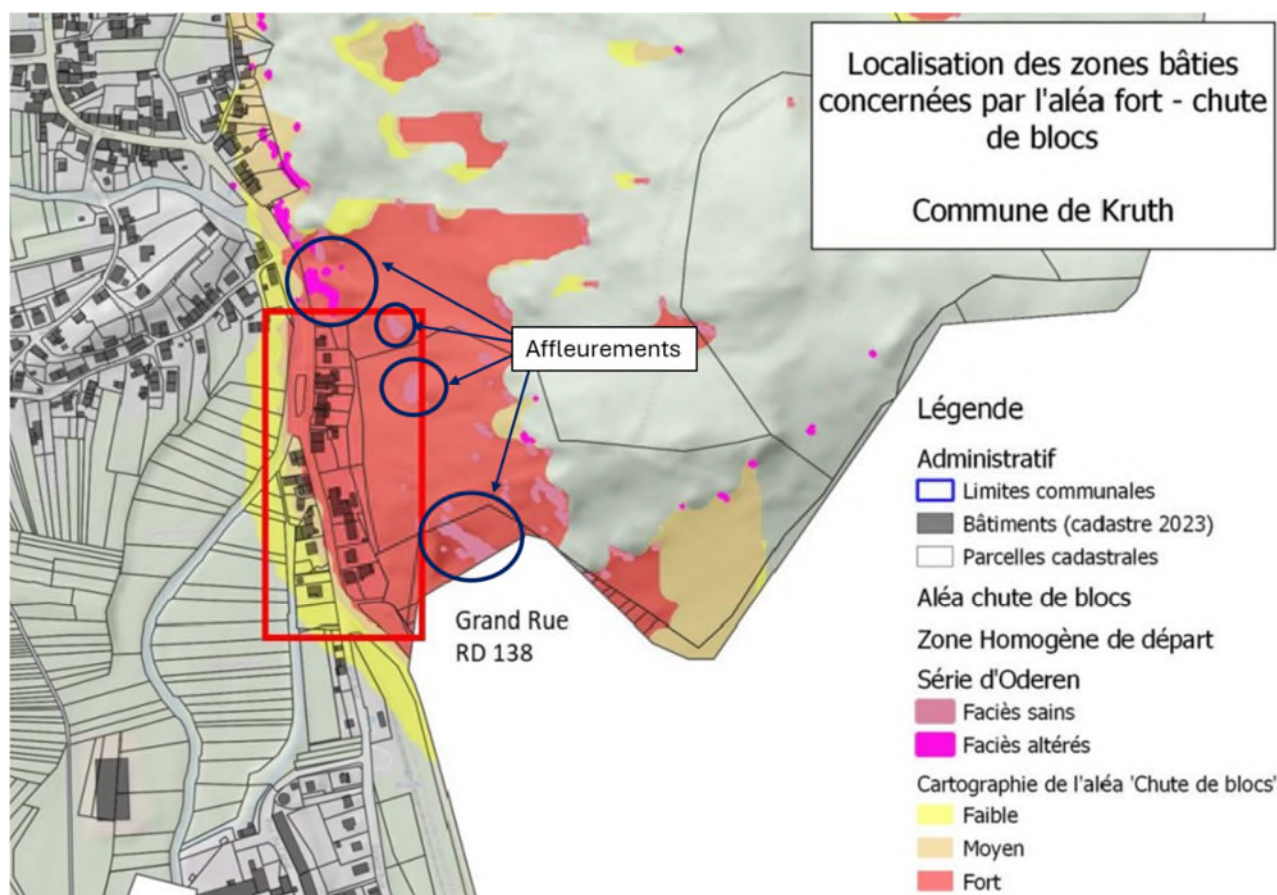
L'objectif du MOA est la mise en sécurité des bâtis et du réseau routier en situés en pied des affleurements rocheux.

1.5 - DOCUMENT DE REFERENCE

Les documents suivants ont été utilisés dans le cadre de cette étude :

- Cahier des Clauses Techniques Particulières ;
- Etudes du BRGM de caractérisation de l'aléa rocheux sur les 5 communes de la vallée de la Thur Amont : BRGM/RP-BRGM/RP-72290-FR - Version 1, BRGM/RP-73253-FR, Version 1 et BRGM/RP-74022-FR, Version 1 ;
- Carte géologique de Munster au 1/50000eme et notice associée, source : Infoterre (BRGM) ;
- Le site internet geoportail.fr ;
- Atlas des patrimoines ;
- Site internet georisques.gouv.fr.

Page 8 sur 26



Localisation des affleurements étudiés sur la carte d'aléa du BRGM



Photographie de l'affleurement en extrémité Nord

L'affleurement au Sud de la zone d'étude est disposé en arc de cercle dont le centre est situé au Sud-Ouest, et apparaît très fracturé.



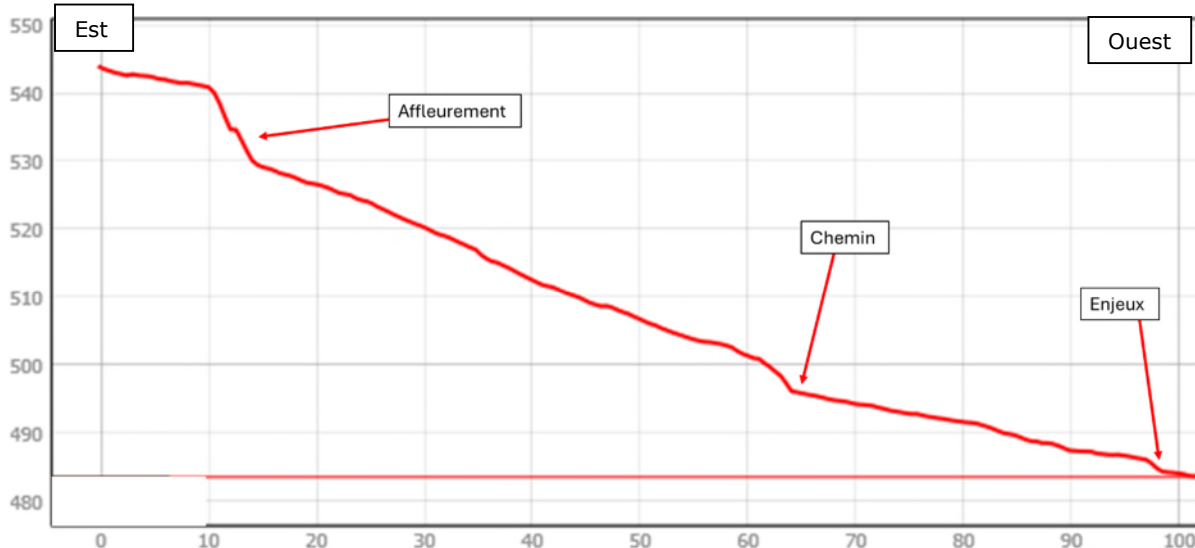
Photographie de l'affleurement en extrémité Sud



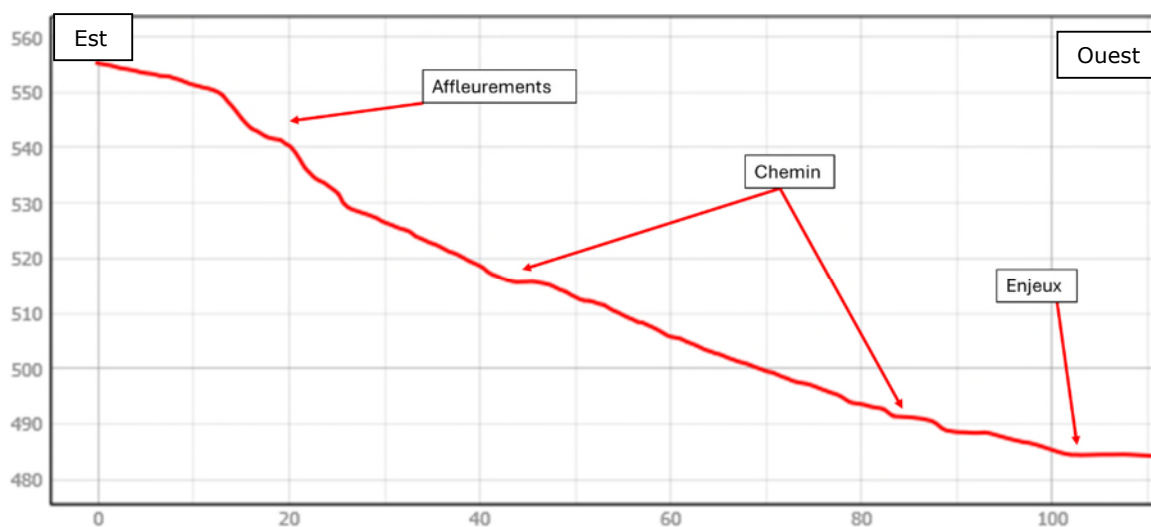
Photographie drone localisant 3 des 4 affleurements rocheux

En termes de topographie, la partie basse du versant (des enjeux au chemin de randonnée) présente une pente relativement douce (20°), qui se verticalise à $30-35^\circ$ jusqu'aux différents affleurements rocheux.

Les enjeux sont situés à la cote 480 m NGF et les affleurements environ 70-80 m plus haut à 550-560 m NGF.



Profil P1K localisé au Nord du versant étudié



Profil P2K localisé au centre du versant étudié

2.2 - HYDROGEOLOGIE

La zone étudiée est soumise au ruissellement et à l'infiltration des eaux au travers des fractures dans la roche (traces d'humidité observées).

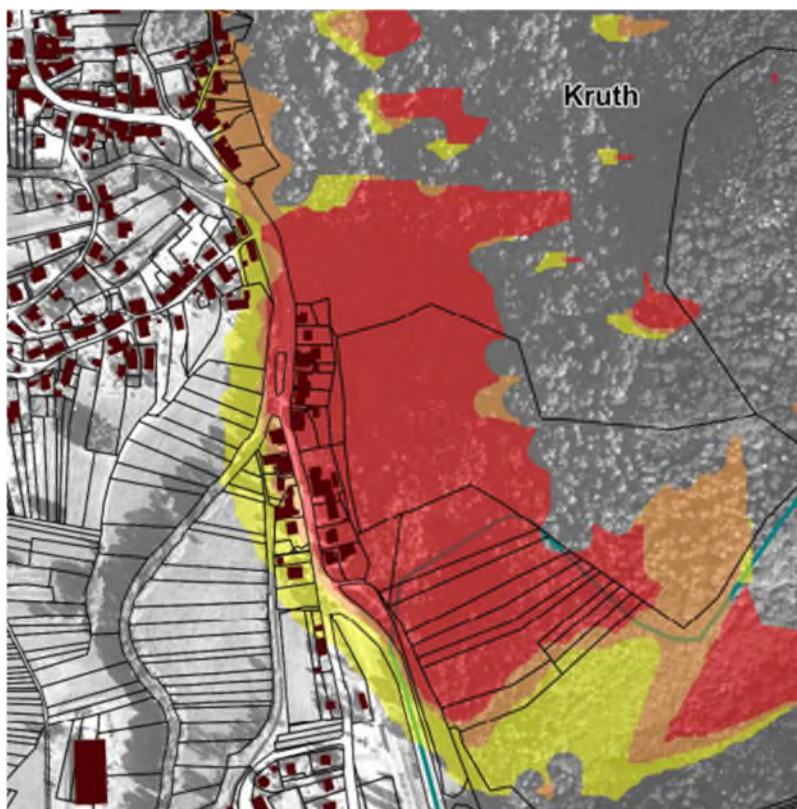
En aval du versant, à l'Ouest de la Grande Rue se trouvent le canal et la Thur.

2.3 - ALEAS GEOTECHNIQUES

La synthèse des aléas est présentée ci-après :

ALEA	NIVEAU D'ALEA
Cavités souterraines	Aucune cavité souterraine n'a été répertoriée à proximité de la zone d'étude
Séisme	Niveau 3 - Moyen
Mouvements de terrains recensés	Aucun éboulement n'est recensé dans la banque de données mvt sur la zone étudiée
Retrait-gonflement des argiles	Faible

En juin 2024, un porter à connaissance du risque chute de pierres et blocs concernant la commune a été publié par la DDT68. La zone d'étude se situe en zone rouge (niveau d'aléa fort) vis-à-vis de l'aléa chute de bloc.



Extrait de la cartographie du porter à connaissance risque de mouvement de terrain – Planche 11

2.4 - EVENEMENTS PASSES

Aucun évènement antérieur ayant atteint des habitations n'est recensé sur le site Géorisques, et la mairie, que nous avons contacté dans le cadre de l'étude, n'a pas eu connaissance d'éboulement sur la zone.

2.5 - OUVRAGES EXISTANTS

Sur le secteur, aucun ouvrage de protection n'a été observé dans le versant étudié.

3 - SYNTHÈSE DES RECONNAISSANCES VISUELLES

3.1 - MÉTHODE UTILISÉE

Dans le cadre de cette étude, le maître d'ouvrage nous a initialement demandé de se baser sur la méthode MEZAP plutôt que notre propre méthode étant donné que le point de départ des investigations est la carte d'aléa proposée par le BRGM.

Si les deux méthodes se concentrent sur le même objet (aléa éboulement) et sont semi-quantitatives, elles n'ont cependant pas le même degré de précision, le même but et la même implication quant au traitement du risque.

La méthode MEZAP (guide technique publié en 2022) est utilisée dans le but d'identifier des zones sources des blocs instables, d'évaluer l'aléa lié aux chutes de blocs (fréquence probable, volumes, énergies, trajectoires), de délimiter les zones exposées. Elle repose sur l'identification de zones homogènes, définies par une nature de roche, une structure géologique, une topographie et des facteurs déclenchant homogènes produisant en tout point de la zone les mêmes phénomènes en termes d'intensité et d'activité. La finalité de cette méthode est de pouvoir établir des rendus cartographiques afin d'aider notamment les communes à prendre des décisions concernant l'aménagement du territoire, d'envisager les grands principes de sécurisation, et de définir le besoin de faire réaliser des études spécifiques par des bureaux d'études spécialisés. Cette méthode est donc plutôt utilisée en phase préliminaire ou en diagnostic.

La méthode GEOLITHE (fournie en annexe 1), forte de 30 années d'expérience dans la gestion du risque rocheux, se concentrent en premier lieu à identifier toutes les instabilités rocheuses potentielles d'une zone donnée, à définir leurs caractéristiques géométriques et leurs aléas d'écroulements individuels. La probabilité de propagation est estimée à la fois par expertise sur site et pour des affleurements définis par utilisation de logiciels de trajectographie, ce qui permet d'évaluer l'exposition à ce phénomène d'enjeux identifiés par le maître d'ouvrage. Le but de cette méthode est de pouvoir définir de façon précise, l'instabilité par instabilité, en phase de conception les méthodes de sécurisation à mettre en place pour atteindre l'objectif défini par le maître d'ouvrage au cours des échanges consécutifs aux premières phases d'inspections. Les études réalisées par GEOLITHE à partir de l'utilisation de la méthode développée en interne permettent également de donner des préconisations quant à la réalisation des travaux éventuels et d'estimer les délais d'exécution et les coûts associés.

De façon générale, l'indice d'activité (MEZAP) et l'aléa de départ (GEOLITHE) défini par ces méthodes ont des ordres de grandeur comparables. La méthode MEZAP apparaît toutefois plus pessimiste que la méthode développée par GEOLITHE en termes de probabilité de propagation, les mêmes qualificatifs employés par chacune de ces méthodes variant de 2 à 3 ordres de grandeurs, la quantification et la qualification du risque MEZAP étant basées sur la probabilité annuelle de survenue d'un phénomène engendrant un décès ($\Rightarrow$ les niveaux d'aléas de propagation très peu probables à quasi certains de GEOLITHE se retrouvent tous dans la propagation extrêmement forte selon MEZAP, ce qui ne nous permet pas de hiérarchiser les nécessités de sécurisation et nous inciterait à recommander des travaux beaucoup plus importants que nécessaires, ou tout du moins à ne pas différencier les priorisations de travaux pour un même qualificatif).

Parce que nos reconnaissances de terrain ne sont pas susceptibles de remettre foncièrement en question la carte d'aléa proposée par le BRGM en appliquant la méthode MEZAP utilisée, et afin de définir précisément les solutions de sécurisation envisageables pour chaque site en tenant compte des éléments individuels et non de zones définies comme homogènes, nous choisissons avec l'approbation du maître d'œuvre de conserver l'usage de notre méthode pour apporter des

compléments aux études du BRGM et ainsi répondre pleinement aux objectifs de l'étude (relevé détaillé des instabilités, définition et prédimensionnement des principes de parades, estimation financière des travaux).

3.2 - DETAIL DES PHENOMENES INSTABLES

3.2.1 - *Détail du recensement*

Sur la commune de Kruth, le BRGM a caractérisé l'intensité du site de « moyenne », avec des éléments de taille compris entre 250 litres et 1m³ liés aux escarpements rocheux. En utilisant le tableau ci-dessus, à moins que la probabilité d'atteinte soit inférieure à 10⁻⁴, le site est en aléa fort. En soit ce résultat est en adéquation avec la cartographie réalisée.

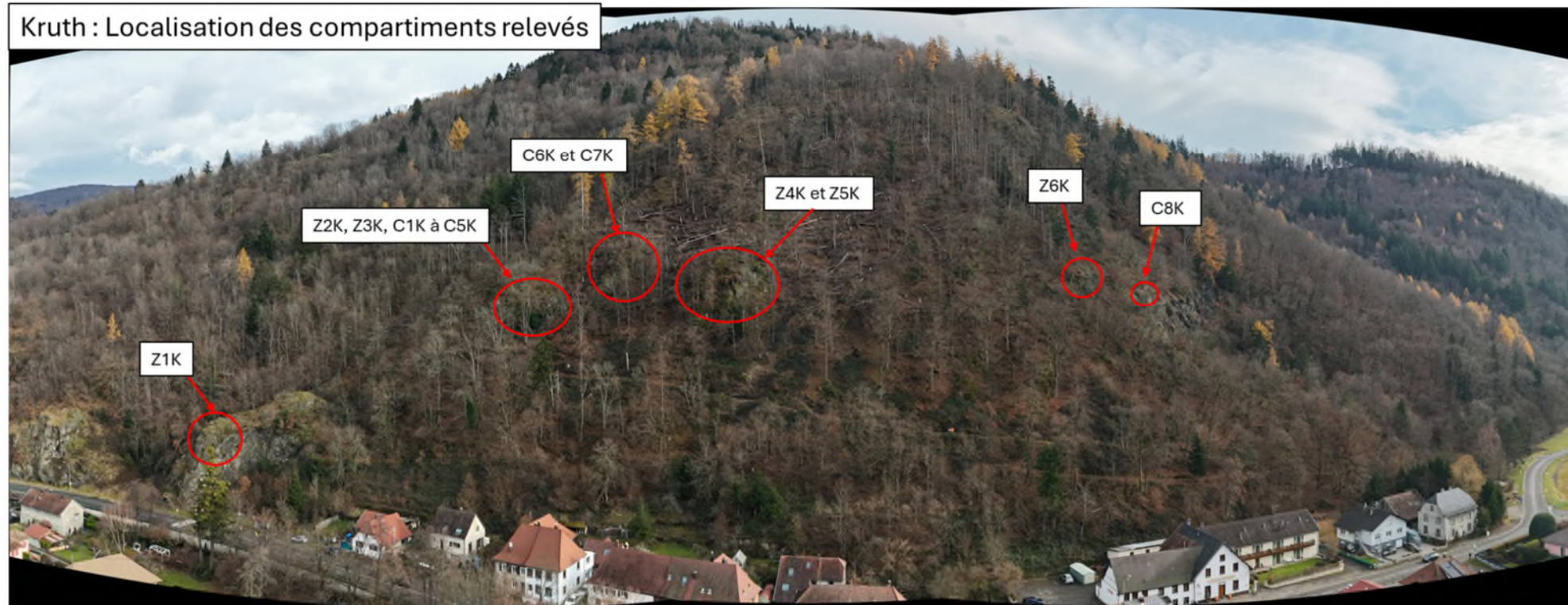
Comme présenté dans le §3.1.1, lors de nos reconnaissances dans le versant, nous avons recensé, associé des dimensions et déterminé un aléa d'écroulement (de vert clair : très faible à rouge : très élevé) à chaque élément relevé.

Numéro Secteur	Nom Compartiment	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Volume	Volume résiduel	Classe Instab	Aléa d'écroulement
Kruth	Z1K	100 l			0.1 m ³	0.1 m ³	Pierre	Faible
	C1K	2.0 m	1.8 m	1.0 m	3.6 m ³	3.0 m ³	Masse	Moyen
	C2K	2.0 m	1.5 m	1.5 m	4.5 m ³	3.5 m ³	Masse	Moyen
	C3K	2.5 m	1.5 m	1.0 m	3.8 m ³	3.5 m ³	Masse	Faible
	C4K	0.7 m	1.0 m	1.0 m	0.7 m ³	0.7 m ³	Bloc	Elevé
	C5K	2.0 m	0.5 m	0.5 m	0.5 m ³	0.5 m ³	Bloc	Faible
	Z2K	100 l			0.1 m ³	0.1 m ³	Pierre	Faible
	Z3K	200 l			0.2 m ³	0.2 m ³	Bloc	Elevé
	C6K	1.0 m	0.5 m	1.0 m	0.5 m ³	0.5 m ³	Bloc	Faible
	C7K	5.0 m	4.0 m	1.8 m	36.0 m ³	5.0 m ³	Grande Masse	Faible
	Z4K	100 à 150 l			0.1 m ³	0.1 m ³	Bloc	Moyen
	Z5K	100 l			0.1 m ³	0.1 m ³	Bloc	Faible
	Z6K	50 à 150 l			0.1 m ³	0.1 m ³	Bloc	Faible
	C8K	4.0 m	8.0 m	8.0 m	256.0 m ³	50.0 m ³	Très grande Masse	Faible

Rq : Pour les zones de départ, seul le volume moyen des éléments est répertorié et non les 3 dimensions des compartiments.

Ci-dessous sont localisés les éléments relevés lors de l'inspection du versant en décembre 2025. Les fiches compartiments détaillées sont disponibles en annexe n°2.

Kruth : Localisation des compartiments relevés



Localisation des compartiments relevés dans le versant

3.2.2 - Analyse de la propagation

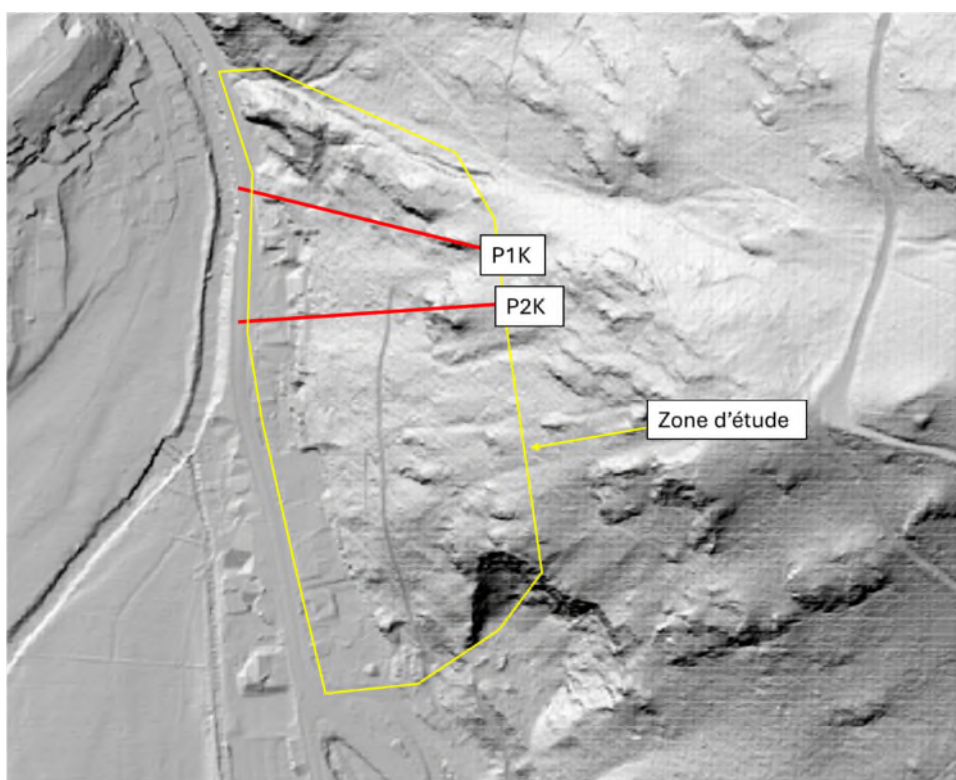
Les études trajectographiques permettent de définir la capacité des instabilités recensées à atteindre les enjeux identifiés, et permettent ainsi de caractériser l'aléa résultant pour chaque zone étudiée.

3.2.2.1 - Méthode

Les compartiments de type blocs ont été simulés à l'aide d'un logiciel de trajectographie 2D. Dans le cas du site d'étudié, les volumes résiduels associés aux compartiments recensés sont compris entre 0,1 et 1,5 m³, reprenant les caractéristiques des blocs observés. Les simulations sont établies au moyen de notre logiciel interne Silex 2000®.

3.2.2.2 - Localisation des profils trajectographiques

Deux profils ont été implantés sur la zone d'étude. Ils ont été tracés au droit des zones les plus défavorables.



Localisation des profils trajectographiques

Remarque : aucune trajectographie n'a été réalisée au Sud de la zone d'étude notamment dans la zone très déstructurée car elle est considérée relativement éloignée des enjeux pour qu'aucun compartiment ne puisse les atteindre.

3.2.2.3 - Hypothèses prises en compte

Nature des terrains :

Cinq natures de terrain ont été identifiées sur la zone d'étude :

- Rocher sain ;
- Rocher altéré ;
- Eboulis ;
- Sol forestier/meuble ;
- Infrastructure = enjeux (habitations et jardin).

Les natures de terrain sont affectées sur les profils par segments, et traduites par un code de couleurs.

Pour chaque nature de terrain, cinq coefficients sont définis :

- Les coefficients de restitution normal en et tangentiel et du terrain ;
- Le coefficient de sol c ;
- Le coefficient de frottement f ;
- La constante de sol Cs.

Les valeurs des coefficients de restitution e_n et e_t sont des valeurs initiales de calcul. Elles sont modulées par la constante de sol Cs qui définit la phase élastique de l'impact. Ces coefficients varient en fonction de la masse du bloc et de sa vitesse lors de l'impact. Le coefficient de frottement f représente le frottement du sol lors des phases de glissement pendant l'impact et lors des phases de glissement pur. Le coefficient de sol c représente notamment l'enfoncement du bloc lors de l'impact.

Vitesses initiales : les vitesses initiales de rotation et de translation des blocs sont prises égales à 0.

Altitudes de départ : L'altitude varie entre deux côtes.

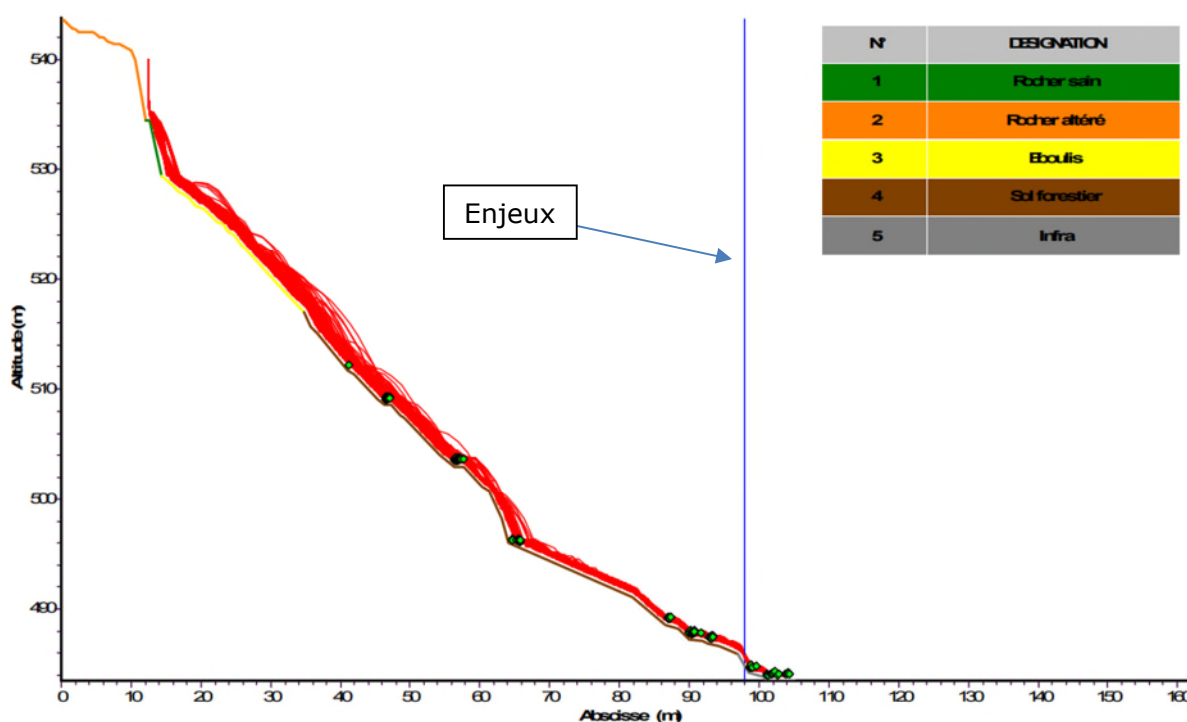
Nombre de blocs étudiés : La simulation trajectographique considère 10 000 départs de blocs (nombre beaucoup plus élevé que la réalité).

Calage du modèle numérique : Le calage a été effectué en tenant compte de la nature des terrains observés. Le calage des paramètres des différentes lithologies a été effectué sur la base de nos connaissances et de nos études antérieures.

Point d'interception : Un point d'interception a été placé au niveau de la position des enjeux (habitations et/ou Grande Rue).

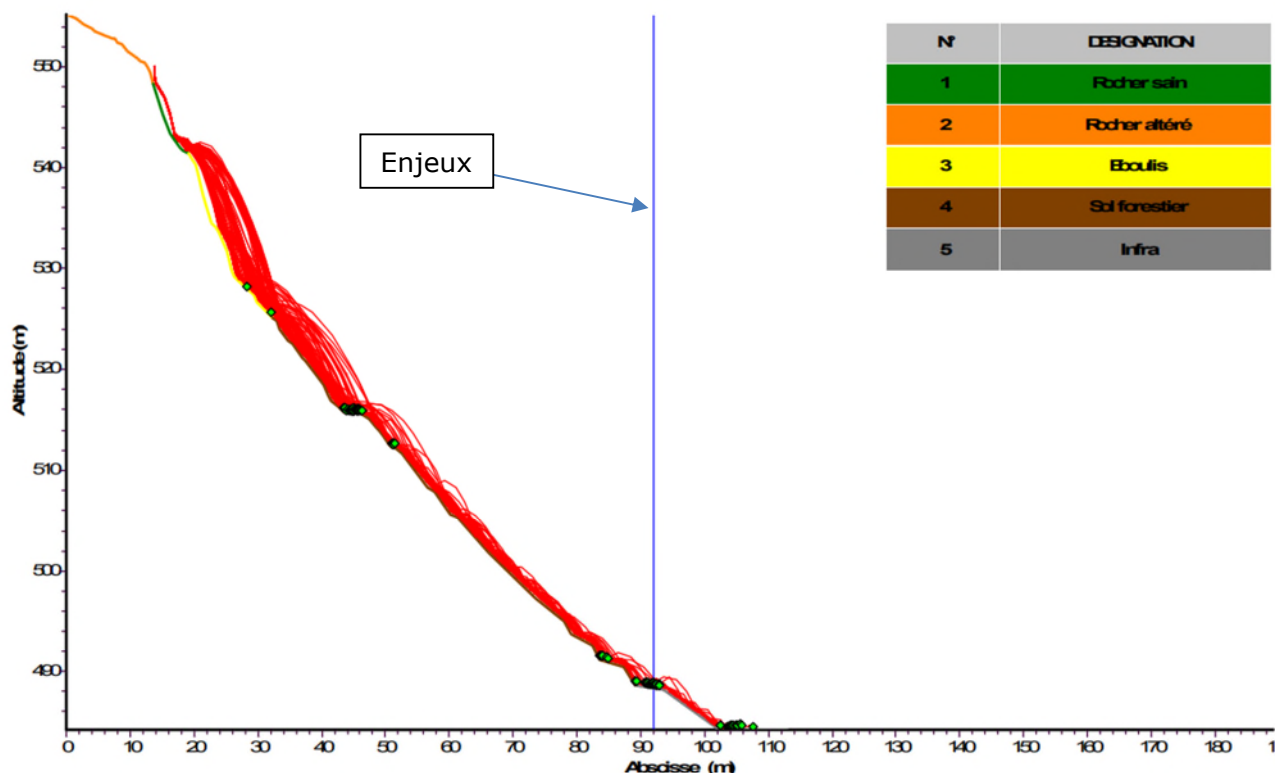
Végétation : La végétation n'est pas modélisée. En effet, la végétation n'est pas une parade pérenne et assurée dans le temps : des modifications du couvert végétal (coupe rase, incendie, maladies...) sont envisageables et sont de nature à affecter de façon importante la propagation des éboulements.

3.2.2.4 - Résultats



P1_K - Représentation des trajectoires de 100 blocs sur les 10 000 simulés -0.5 à 1.5 m^3

Pour le profil 1 (localisation des compartiments C1K à C5K et Z2K, Z3K), sur les 10 000 compartiments simulés, 2 500 atteignent les enjeux en pied soit un pourcentage de 25%, ce qui équivaut à une probabilité de propagation très probable.



P2_K - Représentation des trajectoires de 100 blocs sur les 10 000 simulés -0.1 à 0.3 m^3

Pour le profil 2 (localisation des compartiments Z4K et Z5K), sur les 10 000 compartiments simulés, 3214 atteignent les enjeux en pied soit un pourcentage de 32%, ce qui équivaut à une probabilité de propagation très probable.

3.2.3 - Aléa d'éroulement et aléa de départ

Le tableau de synthèse ci-dessous reprend le diagnostic présenté aux pages précédentes pour l'ensemble de la zone d'étude.

Lors d'un relevé en versant, particulièrement lorsque la surface est masquée par la végétation, notre diagnostic ne peut être exhaustif pour les instabilités de type pierres et blocs, et certaines instabilités peuvent ne pas être identifiées. La répartition du nombre de compartiments par niveau d'aléa d'éroulement est directement issue du relevé de terrain. Dans le cas des pierres et des blocs, la répartition est définie par expertise.

Secteur	Linéaire zone de départ	Classe d'instabilité	Aléa d'éroulement										Aléa de départ	
			Très Elevé		Elevé		Moyen		Faible		Très Faible		P_{dep}	Littéral
			%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre		
Kruth	250.0 m	Pierres	0%	0	0%	0	0%	0	100%	120	0%	0	0.13	Moyen
		Blocs	0%	0	25%	11	25%	11	50%	22	0%	0	0.32	Elevé
		Masses	0%	0	0%	0	67%	2.01	33%	0.99	0%	0	0.01	Faible
		Grandes Masses	0%	0	0%	0	0%	0	100%	1	0%	0	0.00	Très Faible
		Très Grandes Masses	0%	0	0%	0	0%	0	100%	1	0%	0	0.00	Très Faible

3.2.4 - Aléa Résultant

Le tableau ci-dessous donne l'aléa résultant du secteur avant les propositions de sécurisation.

Secteur	Linéaire zone de départ	Classe d'instabilité	Aléa de départ		Probabilité de Propagation			Aléa résultant			
			$P_{\text{dép}}$	Littéral	Lin. enjeux	Proba	Littéral	Proba	Littéral	Proba	Global Secteur
Kruth	250.0 m	Pierres	0.13	Moyen	350.0 m	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible	0.07	Moyen
		Blocs	0.32	Elevé		30%	Très Probable	0.07	Moyen		
		Masses	0.01	Faible		25%	Très Probable	0.00	Très Faible		
		Grandes Masses	0.00	Très Faible		1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		
		Très Grandes Masses	0.00	Très Faible		1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		

- **Secteur 3 : MOYEN**

3.2.5 - Facteurs aggravants

L'affleurement étudié est végétalisé. Des arbres y sont enracinés, pouvant contribuer à déstabiliser certaines zones (ouverture de discontinuités).

Des circulations d'eau ont été relevées lors de la reconnaissance, pouvant accélérer le décrochement de certains compartiments notamment sous l'effet du gel.

4 - DEFINITION DES PARADES PRECONISEES

4.1 - PRINCIPES DE PARADES

Compte-tenu de la classification en aléa moyen du secteur étudié sur la commune de Kruth, nous préconisons la mise en place de parades de sécurisation pour permettre la diminution/gestion du risque sur ce secteur.

Les 2 principes de parades proposés sont les suivants :

- Une **solution 1** : association de traitements actifs : ancrages de confortement des compartiments les plus volumineux et installation en pied de versant d'un écran de filet de faible capacité ;
- Une **solution 2** : uniquement la mise en place d'un écran de filet mais de capacité plus importante.

La sécurisation ne se ferait que sur la partie Nord du secteur, cela permettrait de couvrir le linéaire en aval des zones de départ Z2K à Z5K et des compartiments C1K à C7K.

4.2 - EXPLICATION DES PARADES

- **Clouage** : Mise en œuvre d'ancrages de confortement des masses en surplomb et en glissement. Cette parade consiste à stopper les phénomènes instables de types blocs et masses, pouvant dépasser les capacités du grillage, par un clouage systématique de ces éléments avec un scellement au rocher ;
- **Ecran pare-bloc/écran de filet** : Parade passive linéaire mise en place dans l'objectif d'intercepter les éléments éboulés avant qu'ils n'atteignent les enjeux.



Photographie d'écrans pare-blocs (capacité 1500 kJ et hauteur 5m)

4.3 - PREDIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

4.3.1 - Solution 1

La solution proposée est la suivante :

- Confortement des compartiments C1F à C2F soit par ancrage (barre de diamètre 25 mm) soit par épinglage (barre de diamètre 16 mm) ;
- Mise en place d'un écran de filet de capacité 100kJ et d'une hauteur de 2 m.

4.3.2 - Solution 2

Mise en place d'un écran de filet de capacité 500 kJ d'une hauteur de 2 à 3 m.

4.3.3 - Implantation

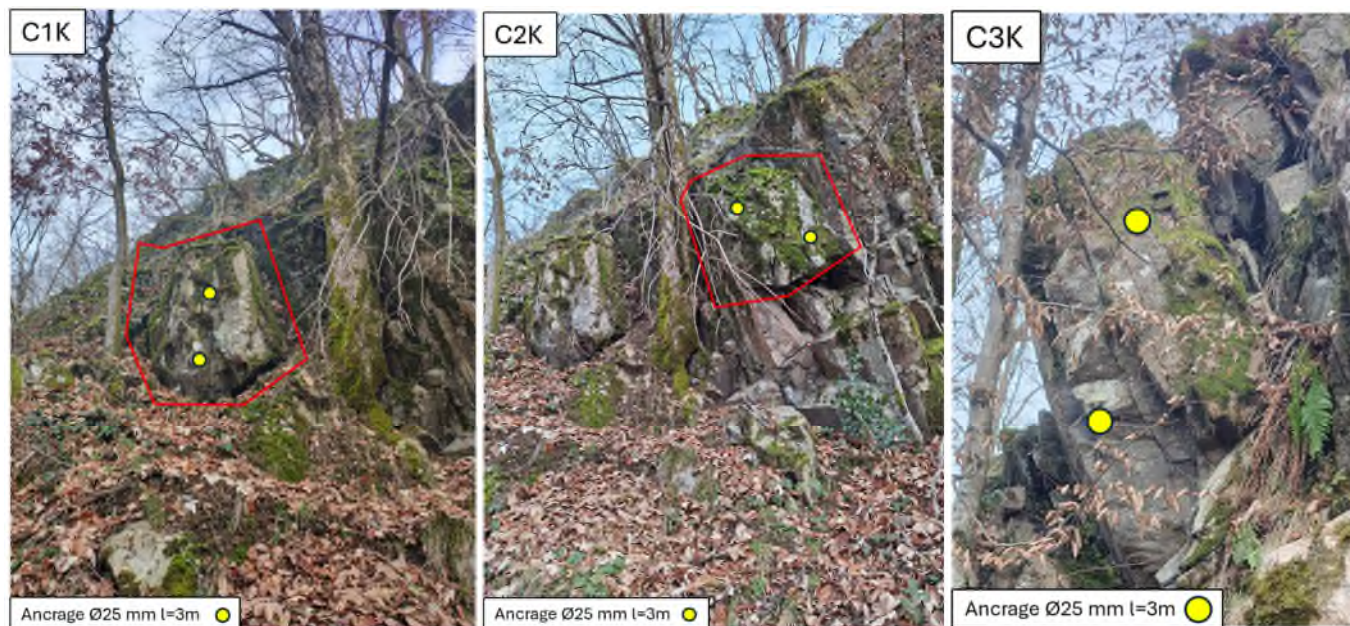
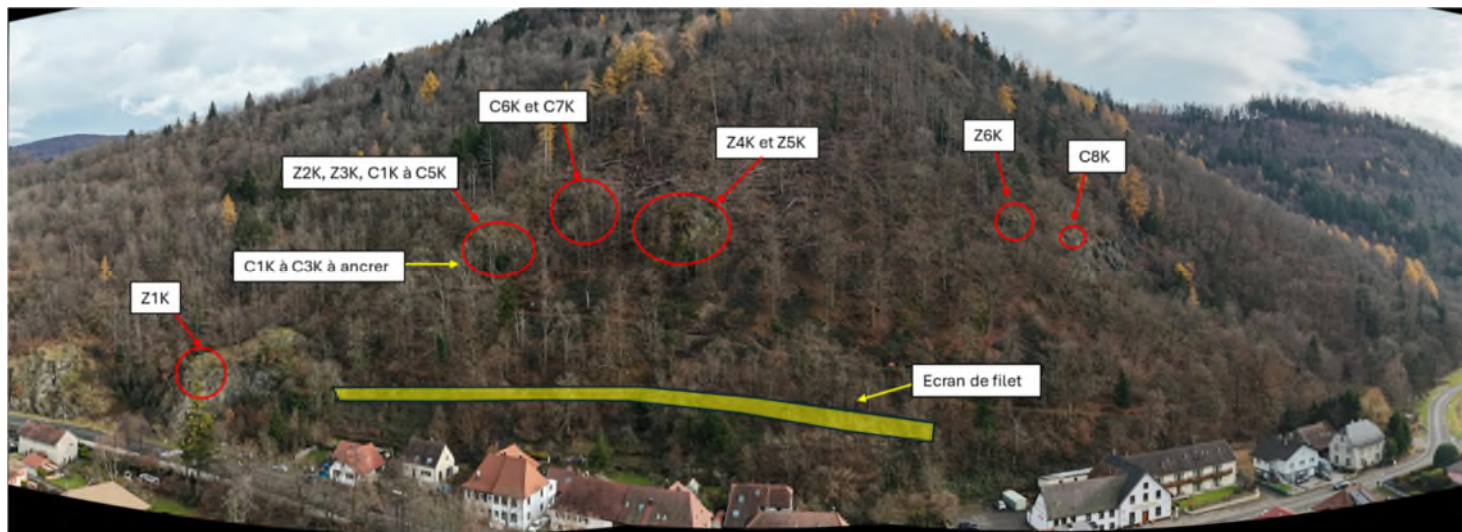
L'illustration de la solution 1 sur ce secteur est présentée ci-après.

Remarque : la solution 2 consiste en la même implantation de l'écran de filet pare-blocs, la différence résultera en la capacité de l'écran et en sa hauteur. De plus aucun clouage n'est prévu en complément pour cette solution.

L'écran pare-bloc pourra être implanté en arrière des limites des propriétés privées des 24 au 30 Grande rue soit sur les parcelles 0047 et 0048 de la section 23 du cadastre communal de Kruth.



Principe* d'implantation des ouvrages de sécurisation selon la solution 1 :



* Les caractéristiques des ancrages et leur implantation seront précisées par les calculs de dimensionnement en phase G2 PRO si la solution 1 est retenue.

4.3.4 - Synthèse :

Ci-dessous est présentée la synthèse quantitative hors aléa à prévoir sur la commune de Kruth. L'ensemble de ces quantités seront à ajuster lors d'une étude G2PRO.

Synthèse quantitative des solutions proposées à Kruth		
Moyen/Solution	Solution 1	Solution 2
Ancrage de confortement	6 ancrages de 3 m de long et de 25 mm de diamètre	-
Ecran de filet capacité 100kJ	135 ml	-
Ecran de filet capacité 500 kJ	-	135 ml
Débroussaillage (2×3 m // emprise de l'écran de filet)	810 m ²	810 m ²

Remarque : des quantités de purges seront à provisionner lors du dossier de consultation des entreprises, ces purges pourront concerner des éléments n'ayant pas supporter les éventuels clouages ainsi que des éléments rocheux déjà éboulés se situant au droit de l'écran de filet pare-blocs.

4.4 - ALEA REMANENT APRES TRAVAUX

Ces deux solutions de travaux permettent d'obtenir les aléas résultants **très faibles** sur le secteur. En effet, elles permettent de réduire/limiter la probabilité de propagation des éléments rocheux en les stoppant avant qu'ils n'atteignent les enjeux ou en les empêchant de tomber.

La probabilité de propagation est estimée sans sécurisation entre 25 et 30 % sur ce secteur, elle passe à 1% soit peu probable avec la mise en œuvre de parades de sécurisation :

Secteur	Linéaire zone de départ	Classe d'instabilité	Aléa de départ		Probabilité de Propagation		Aléa résultant			
			$P_{\text{dép}}$	Littéral	Proba	Littéral	Proba	Littéral	Proba	Global Secteur
Kruth	250.0 m	Pierres	0.13	Moyen	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible	0.00	Très Faible
		Blocs	0.32	Elevé	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		
		Masses	0.01	Faible	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		
		Grandes Masses	0.00	Très Faible	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		
		Très Grandes Masses	0.00	Très Faible	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible		

5 - RECOMMANDATIONS ET CONTRAINTES

5.1 - INCERTITUDES

Les incertitudes persistant à la suite de notre étude et les moyens de les lever sont décrits ci-après :

A LEVER EN PHASE CONCEPTION OU LE CAS ECHEANT EN PHASE DE PREPARATION DE TRAVAUX :

- La falaise est couverte par endroit de végétation avec incertitudes sur la géométrie de la paroi et sur la définition des éléments potentiellement instables.

[Réalisation d'un débroussaillage complet]

Cette incertitude peut avoir un niveau de conséquence important sur le projet, l'ensemble des blocs et masses ne pouvant être déterminé et la géométrie de la falaise restant non maîtrisée.

A LEVER EN PHASE PREPARATION DE TRAVAUX :

- La force corrosive des terrains

[Essai en laboratoire sur échantillon de cuttings de forage]

- Les valeurs de frottement mobilisables dans les terrains (coefficient de frottement latéral unitaire)

[Essai de traction préalable]

5.2 - RESEAUX

Les DT sont à la charge du maître de l'ouvrage. Les DICT seront à réaliser par l'entreprise en phase de préparation de travaux avec un relevé précis des ouvrages/aménagements.

5.3 - CONTRAINTES D'URBANISME

La synthèse des contraintes d'urbanisme est présentée ci-dessous :

Type	Localisation de la zone d'étude
Protection au titre des abords de monuments historiques	NON
Site inscrit / classé	NON
Zone de présomption de prescriptions archéologiques	NON
Site NATURA 2000	NON
ZNIEFF	NON

Toutes les dispositions devront être prises afin de respecter ces différentes réglementations.

5.4 - CONTRAINTES EN PHASE TRAVAUX

5.4.1 - Autorisation d'urbanisme

Il est nécessaire d'obtenir des autorités compétentes, une autorisation de travaux qui nécessitera une déclaration préalable de travaux par le maître de l'ouvrage.

5.4.2 - Accès et sécurisation

Les accès à la zone de travaux peuvent se faire :

- Par le Nord de la zone d'étude entre l'éperon où se situe Z1K et la maison au 30 Grande Rue ;

- Par le parking de l'auberge de France ;
- Par l'aire/le parking au Sud de la zone d'étude.



Il sera nécessaire de prendre des mesures permettant de protéger les habitations ainsi que les zones où des passages d'utilisateurs sont susceptibles d'avoir lieu (chemin de randonnée dans le versant).

5.4.3 - Nuisances en phase chantier

Le chantier occasionnera inévitablement des nuisances de type poussière et bruits liés à la réalisation des forages.

Il sera nécessaire d'interdire les travaux le week-end et en semaine entre 18h et 8h du matin.

5.4.4 - Etat des lieux et remise en état

Nous conseillons la réalisation de constats d'huissier avant et après travaux sur les parcelles privées traversées et adjacentes.

L'entreprise sera tenue de remettre en état les lieux à la suite des travaux.

5.4.5 - Entretien/maintenance des ouvrages

Les ouvrages de confortement créés devront faire l'objet de visites et inspections régulières ainsi que d'opérations de maintenance, afin de garantir leur pérennité dans le temps et la sécurité des enjeux.

- ✓ Réalisation d'inspections de contrôle à intervalles réguliers (fréquence 3 à 4 ans), permettant de vérifier l'évolution du talus et l'état apparent des ouvrages ;
- ✓ *Délestage et évacuation des matériaux éboulés en arrière de l'écran en fonction des événements qui se produiront.*

Ces interventions devront se faire depuis le pied de falaise et pourront impliquer un passage par des parcelles privées.

5.5 - TREFONDS

Les ancrages de confortement des différents ouvrages concerneront la parcelle n°0047 et 0048 appartenant actuellement à la mairie. Aucune autorisation ou convention de tréfond n'apparaît donc a priori nécessaire.

6 - DUREE ET ESTIMATION FINANCIERE DES TRAVAUX

Nous proposons des chiffrages pour l'ensemble de la zone d'étude selon différentes solutions envisageables.

Au stade AVP, les premiers estimatifs de prix et de délais retenus sont les suivants pour le secteur étudié à Kruth :

Solution 1 :

Le montant HT des travaux en solution 1 est compris entre 115 000 et 130 000€ pour une durée de travaux d'environ 4 semaines.

Solution 2 :

Le montant HT des travaux en solution 2 est compris entre 165 000 et 180 000€ pour une durée de travaux d'environ 4 semaines.

Ces estimations ne comprennent pas :

- La gestion foncière ;
- La gestion environnementale ;
- Les couts de maitrise d'œuvre ;
- Les coûts de maintenance des ouvrages.

Ces estimations incluent l'hélicoptage de matériaux, elles pourront être optimisées si l'entreprise est en mesure de proposer d'autres méthodes.

ANNEXES

Annexe n°1 : Méthodologie GEOLITHE de détermination de l'aléa résultant ;
Annexe n°2 : Fiches compartiments du secteur ;
Annexe n°3 : Résultats des simulations trajectographiques ;
Annexe n°4 : Norme NF P94-500 – Missions géotechniques.

Annexe 1.

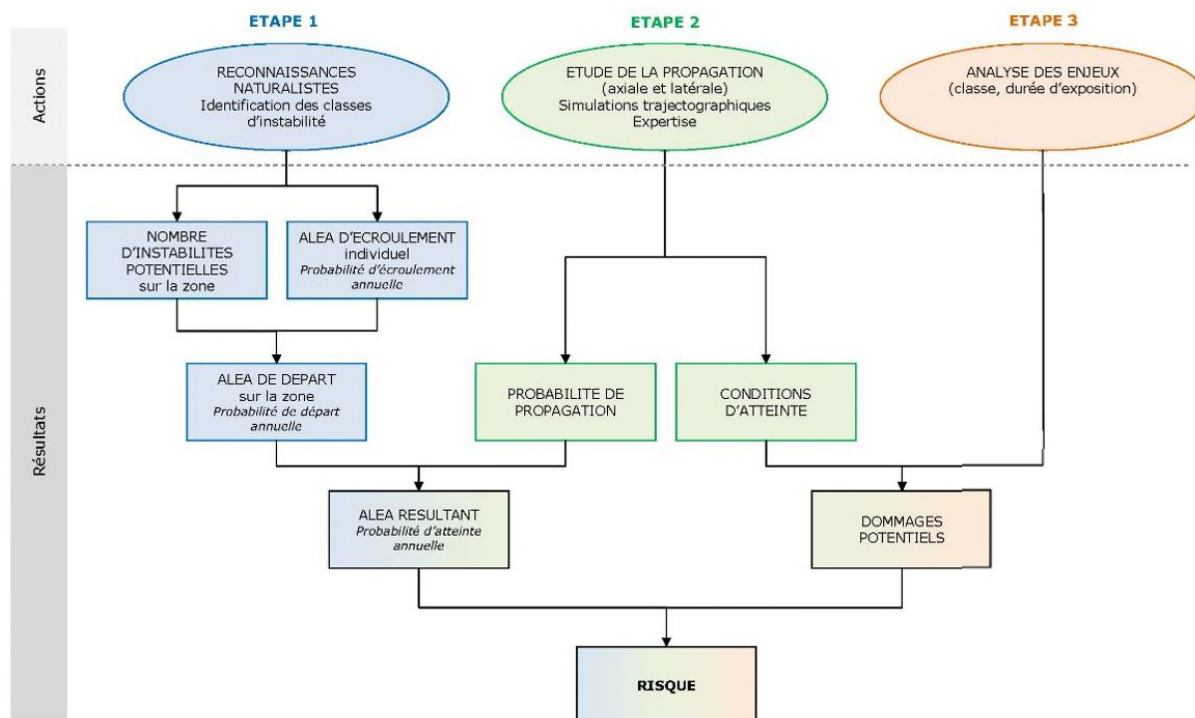
METHODOLOGIE DE DETERMINATION DE L'ALEA RESULTANT

1 METHODOLOGIE

1.1 METHODOLOGIE EBOULEMENT ROCHEUX

La détermination de l'aléa a été réalisée selon la méthodologie GEOLITHE décrite ci-dessous.

Le diagramme ci-dessous synthétise les différentes étapes que nous conduisons pour définir l'aléa résultant puis le risque à l'échelle d'un secteur d'étude :



Le diagnostic est établi sur la base de reconnaissances naturalistes du site, avec un relevé des instabilités potentielles.

Classes d'instabilités :

En fonction des volumes en jeu, on distingue les classes d'instabilités suivantes :

Classe	Volumes
Pierre	0.01 à 0.1 m ³
Bloc	0.1 à 2 m ³
Masse	2 à 20 m ³
Grande masse	20 à 100 m ³
Très grande masse	> 100 m ³

Aléa d'écroulement :

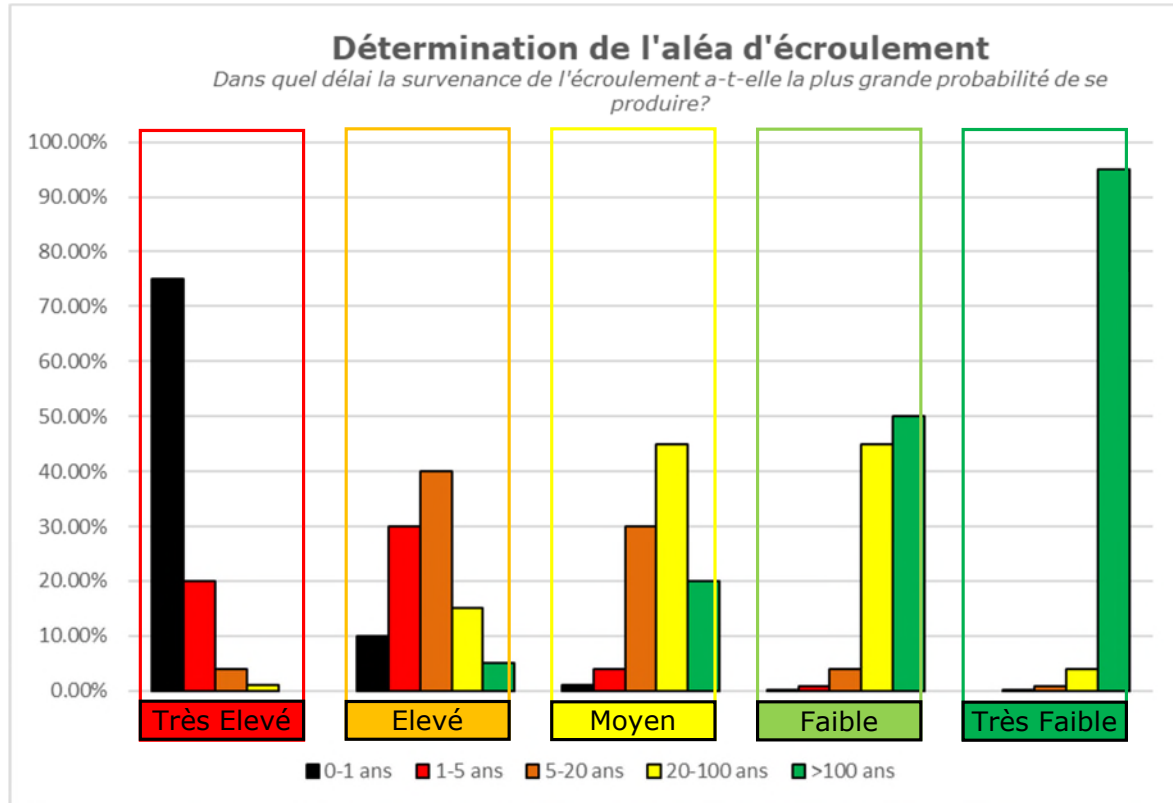
L'aléa d'écroulement est déterminé de manière experte en déterminant la période dans laquelle l'écroulement du compartiment a la plus grande probabilité de se produire.

Les critères pris en compte pour estimer l'aléa d'écroulement sont :

- La géologie ;
- La géométrie du compartiment ;

- L'orientation, l'ouverture, le remplissage, la rugosité des épontes des discontinuités ;
- La présence de circulations d'eau ;
- La végétation à proximité ;
- Etc...

Le graphique ci-dessous permet de comprendre la signification de l'aléa d'écroulement :



Le graphique ci-dessus doit être lu de la manière suivante :

Chaque « paquet » d'histogramme représente un niveau d'aléa d'écroulement, de Très Elevé pour les histogrammes de gauche à Très Faible pour les histogrammes de droite.

Exemple de l'aléa d'écroulement Elevé : Un compartiment (quelle que soit son volume et donc sa classe d'instabilité) dont l'aléa d'écroulement est qualifié d'Elevé aura :

- 10% de probabilité de s'écrouler dans le délai 0-1 ans ;
- 30% de probabilité de s'écrouler dans le délai 1-5 ans ;
- 40% de probabilité de s'écrouler dans le délai 5-20 ans ;
- 15 % de probabilité de s'écrouler dans le délai 20-100 ans ;
- 5 % de probabilité de s'écrouler dans un délai au-delà de 100 ans.

Cette représentation et les niveaux d'aléa associés sont une construction arbitraire, propre à notre méthodologie, visant à permettre d'effectuer des calculs de probabilité de survenance d'un événement.

L'aléa d'écroulement est déterminé pour chaque compartiment relevé.

Aléa de départ : (par classe d'instabilité)

L'aléa de départ est déterminé à l'échelle du secteur pour chaque classe d'instabilité. Il correspond à la probabilité annuelle de survenance d'au moins un événement de la classe d'instabilité considérée.

L'aléa de départ est calculé en fonction :

- du linéaire de la zone de départ,
- du nombre de compartiments,
- de l'aléa d'écroulement représentatif.

Pour permettre de comparer les secteurs entre eux, une longueur de référence est prise en compte. Cette longueur de référence est arrêtée arbitrairement à 30 mètres.

Les niveaux de l'aléa de départ en fonction de la probabilité d'occurrence sont les suivants :

Niveau d'aléa	
Très Elevé	Probabilité
Elevé	
Moyen	
Faible	
Très Faible	
	80%
	20%
	5%
	1%

Probabilité de propagation

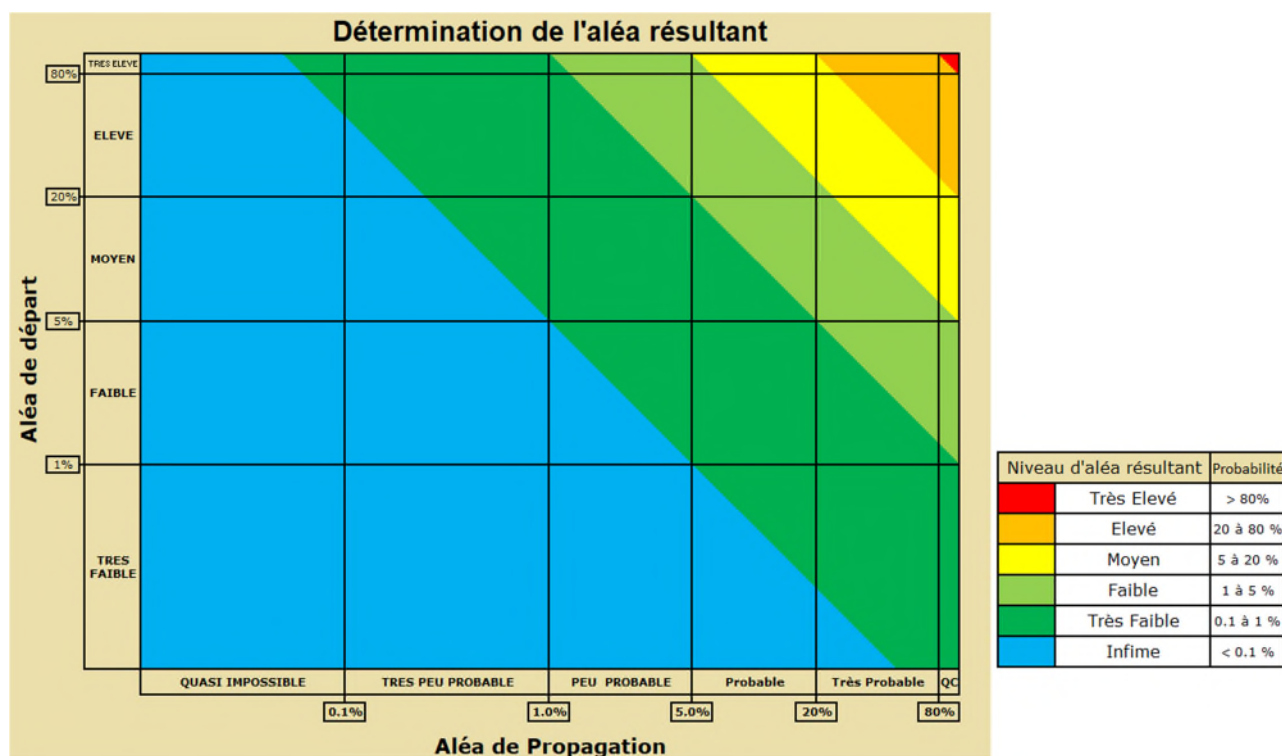
La probabilité de propagation est déterminée soit de manière experte, soit sur la base de simulations trajectographiques. Les niveaux d'aléa de propagation en fonction des probabilités de propagation sont définis dans le tableau ci-dessous :

Aléa de propagation	
Quasi Certain	Probabilité
Très Probable	
Probable	
Peu probable	
Très Peu Probable	
Quasi Impossible	
	80%
	20%
	5%
	1%
	0.10%

Aléa Résultant

L'aléa résultant correspond à la probabilité annuelle qu'un événement de la classe d'instabilité considérée atteigne les enjeux. Il est déterminé par classe d'instabilité en multipliant l'aléa de départ et l'aléa de propagation. Il est calculé pour la longueur de référence de 30 mètres.

Le graphique ci-dessous synthétise la détermination de l'aléa résultant.



Une pseudo-période de retour peut être définie pour l'aléa résultant :

- Très Elevé : Période de retour annuelle
- Elevé : Période de retour annuelle à quinquennale
- Moyen : Période de retour quinquennale à vingtennale
- Faible : Période de retour vingtennale à centennale
- Très Faible : Période de retour supra-centennale

Un aléa résultant global est ensuite déterminé par secteur en tenant compte des aléas résultant de chaque classe d'instabilité. Une pondération est considérée pour les pierres pour limiter l'influence de cette classe d'instabilité, qui est en général sur-représentée en nombre.

Annexe 2.

FICHES COMPARTIMENTS DU SECTEUR

Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z1K

Type: Pierre

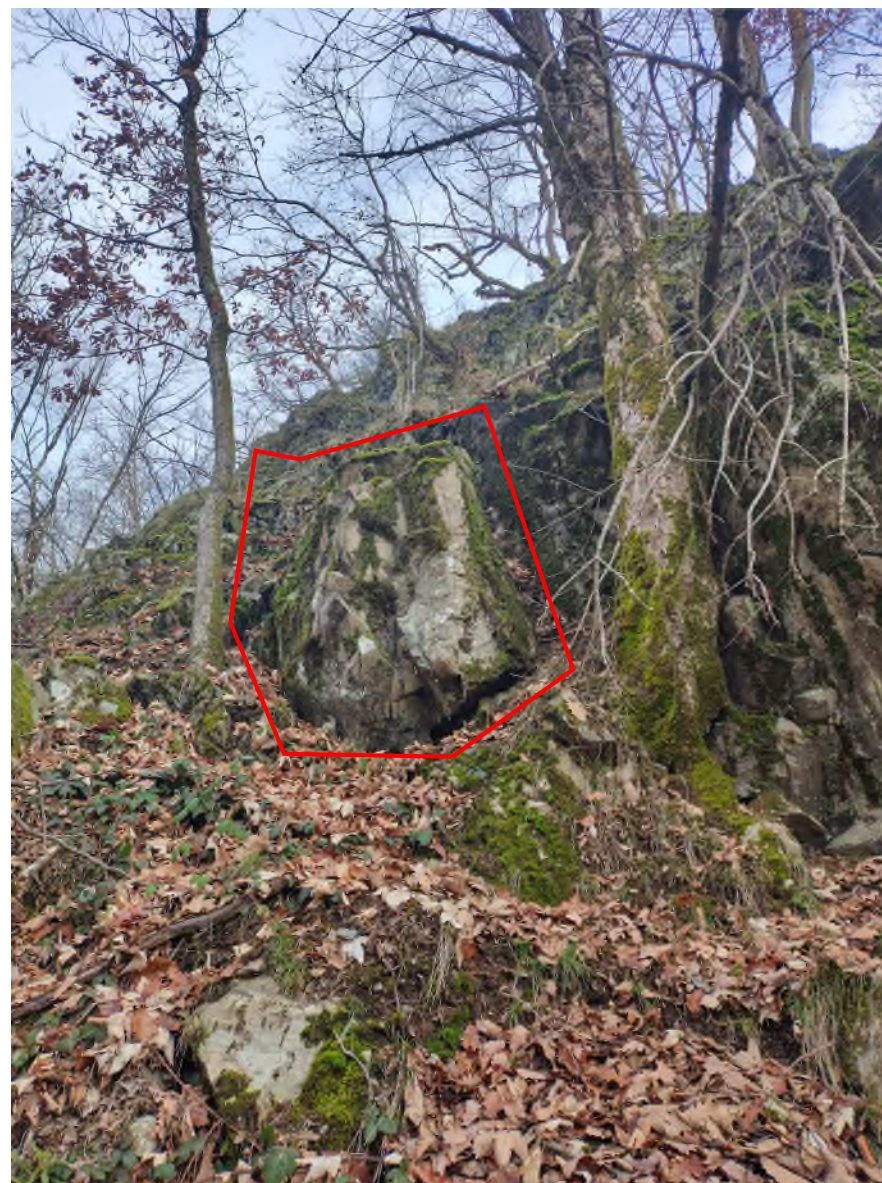


Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth, affleurement Nord

N° compartiment: C1K

Type: Masse



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C2K

Type: Masse



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont(68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C3K

Type: Masse



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C4K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C5K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z2K

Type: Pierre



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z3K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C6K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C7K

Type: Grande Masse



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z4K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z5K

Type: Bloc



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: Z6K

Type: Pierres et Blocs



Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Kruth

N° compartiment: C8K

Type: Très Grande Masse

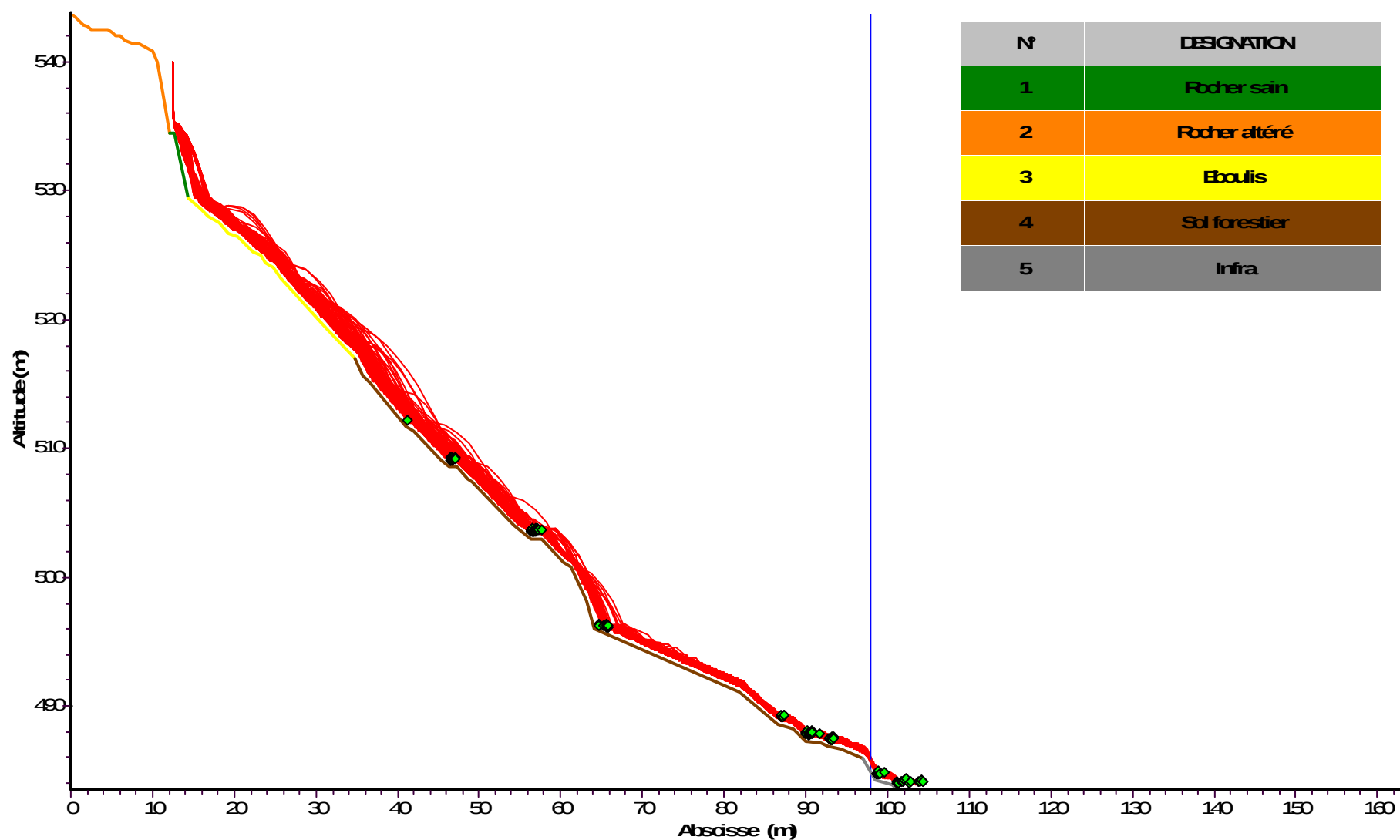


Annexe 3.

RESULTATS DES SIMULATIONS TRAJECTOGRAPHIQUES



N°	DESIGNATION
1	Rocher sain
2	Rocher altéré
3	Eboulis
4	Sol forestier
5	Infra



N° Profil : P1K N° Dossier : 25-106 N° Ordre : N° Pièce : Indice :

25-1064

Date : 15/12/2025

Fichier : nouveau fichier



RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

POINTS D'INTERCEPTION

EnTot	Energie cinétique totale des blocs à la verticale du point d'interception (kJ)
Entr	Energie cinétique de translation des blocs à la verticale du point d'interception (kJ)
Hp	Hauteur de passage des blocs à la verticale du point d'interception (m)
Vit	Vitesse des blocs à la verticale du point d'interception (m/s)
EnTotP	Energie cinétique totale des blocs à la normale du point d'interception (kJ)
EntrP	Energie cinétique de translation des blocs à la normale du point d'interception (kJ)
HpP	Hauteur de passage des blocs à la normale du point d'interception (m)
VitP	Vitesse des blocs à la normale du point d'interception (m/s)
Inc	Incidence des blocs/horizontale à la verticale des points d'interception (Deg)
Tp	Temps de passage(temps écoulé depuis le départ des blocs) à la verticale du point d'interception (s)
Volume	Volume des blocs à la verticale du point d'interception (m3)
Nb	Nombre de blocs passés à la verticale du point d'interception
NbP	Nombre de blocs passés à la normale du point d'interception
max	Maximum
min	Minimum
moy	Moyen
Ecart type	Ecart type (en kJ pour l'énergie, en m pour la hauteur, en m/s pour la vitesse, en Deg pour l'incidence, en s pour le temps)

Nombre de simulations : 10000

N° Point 1
Abscisse (m) 98
Altitude (m) 484.85
EnTotmax 129.24
EnTotmin 5.98
EnTotmoy 24.57
Ecart type 11.35
EnTrmax 88.7
EnTrmin 4.66
EnTrmoy 20.37
Ecart type 10.39
Hpmax 1.92
Hpmin 0.55
Hpmoy 1.03
Ecart type 0
Vitmax 9.29
Vitmin 2
Vitmoy 3.93
Ecart type 0
Nb 2500
EnTotPmax 140.09
EnTotPmin 7.93
EnTotPmoy 34.27
Ecart type 13.74
EnTrPmax 99.55
EnTrPmin 4.29

N° Profil : P1K

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :

RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

EnTrPmoy 29.32
Ecart type 13.19
HpPmax 1.86
HpPmin 0.33
HpPmoy 0.73
Ecart type 0
VitPmax 9.97
VitPmin 2.62
VitPmoy 4.76
Ecart type 0
NbP 2500
Incmax 71.79
Incmin 2.84
Inc moy 44.48
Ecart type 17.72
Tpmax 37.29
Tpmin 13.56
Tp moy 28.14
Ecart type 3.31
Volumemax 1.5
Volumemin 0.5
Volumemoy 1.01
Ecart type 0

N° Profil : P1K

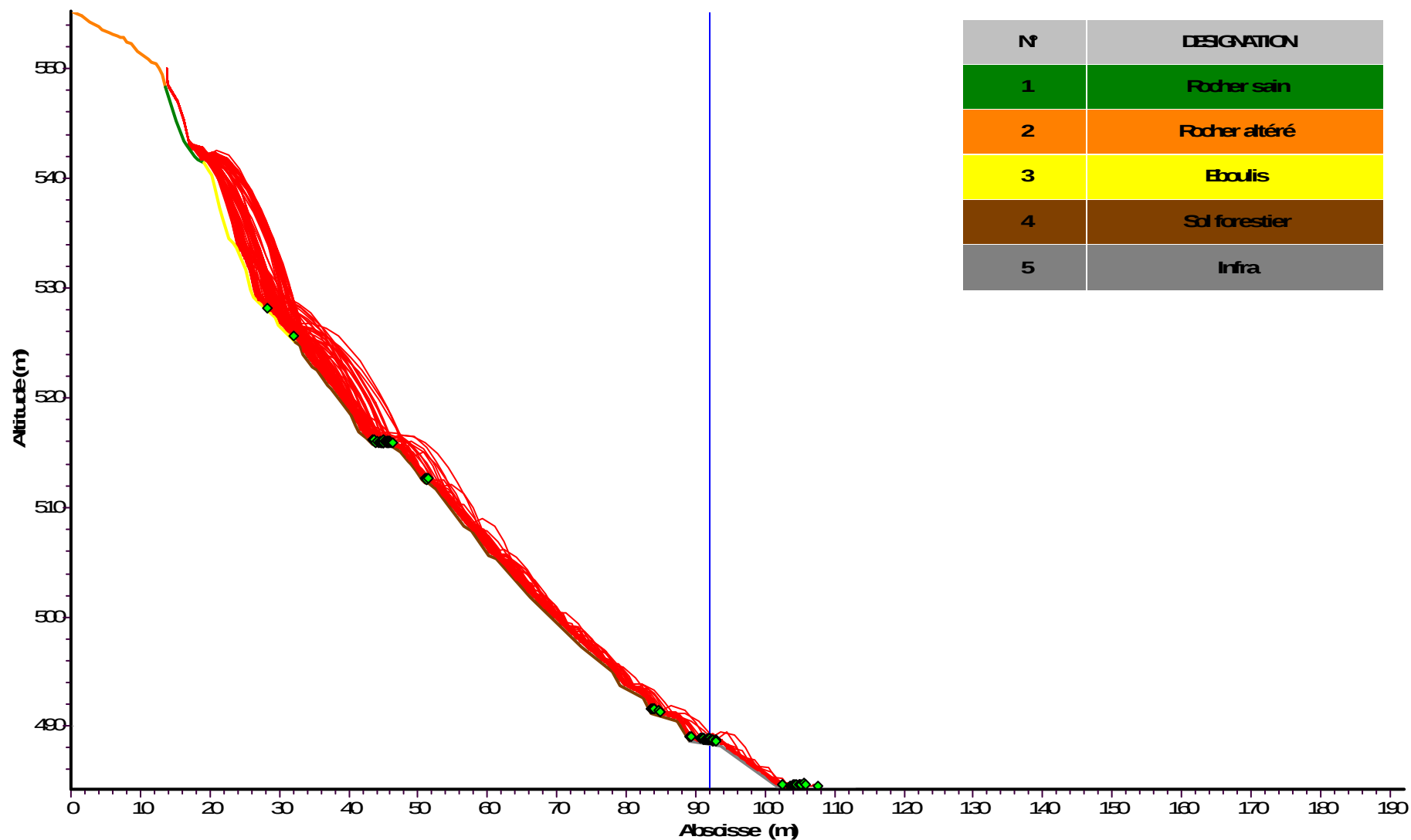
N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :

N°	DESIGNATION
1	Rocher sain
2	Rocher altéré
3	Eboulis
4	Sol forestier
5	Infra



N° Profil : P2K N° Dossier : 25-106 N° Ordre : N° Pièce : Indice :

25-1064

Date : 15/12/2025

Fichier : nouveau fichier

RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

POINTS D'INTERCEPTION

EnTot	Energie cinétique totale des blocs à la verticale du point d'interception (kJ)
Entr	Energie cinétique de translation des blocs à la verticale du point d'interception (kJ)
Hp	Hauteur de passage des blocs à la verticale du point d'interception (m)
Vit	Vitesse des blocs à la verticale du point d'interception (m/s)
EnTotP	Energie cinétique totale des blocs à la normale du point d'interception (kJ)
EntrP	Energie cinétique de translation des blocs à la normale du point d'interception (kJ)
HpP	Hauteur de passage des blocs à la normale du point d'interception (m)
VitP	Vitesse des blocs à la normale du point d'interception (m/s)
Inc	Incidence des blocs/horizontale à la verticale des points d'interception (Deg)
Tp	Temps de passage(temps écoulé depuis le départ des blocs) à la verticale du point d'interception (s)
Volume	Volume des blocs à la verticale du point d'interception (m3)
Nb	Nombre de blocs passés à la verticale du point d'interception
NbP	Nombre de blocs passés à la normale du point d'interception
max	Maximum
min	Minimum
moy	Moyen
Ecart type	Ecart type (en kJ pour l'énergie, en m pour la hauteur, en m/s pour la vitesse, en Deg pour l'incidence, en s pour le temps)

Nombre de simulations : 10000

N° Point 1
Abscisse (m) 92
Altitude (m) 488.4
EnTotmax 84.69
EnTotmin 0
EnTotmoy 3.18
Ecart type 6.7
EnTrmax 45.95
EnTrmin 0
EnTrmoy 2.22
Ecart type 4.58
Hpmax 3.12
Hpmin 0.14
Hpmoy 0.42
Ecart type 0
Vitmax 11.6
Vitmin 0.18
Vitmoy 2.31
Ecart type 1.73
Nb 3214
EnTotPmax 85.33
EnTotPmin 0.01
EnTotPmoy 3.23
Ecart type 6.78
EnTrPmax 46.58
EnTrPmin 0

N° Profil : P2K

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :



RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

EnTrPmoy 2.25
Ecart type 4.58
HpPmax 3.05
HpPmin 0.14
HpPmoy 0.41
Ecart type 0
VitPmax 11.73
VitPmin 0.25
VitPmoy 2.33
Ecart type 1.73
NbP 3187
Incmax 81.2
Incmin 0.05
Inc moy 36.49
Ecart type 16
Tpmax 33.44
Tpmin 9.94
Tp moy 21.55
Ecart type 4.24
Volumemax 0.3
Volumemin 0.1
Volumemoy 0.19
Ecart type 0

N° Profil : P2K

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :

SILEX 2000 Version 3
Copyright© GÉOLITHE 1999-2005



tous droits réservés



25-1064

Date : 15/12/2025
Fichier : nouveau fichier
Page : 2

Annexe 4.

NORME NF P94-500 – MISSIONS GEOTECHNIQUES

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 avec détection au plus tôt de leur survenance	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		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, notices 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 (suite)**ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, 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 :

Phase Étude

- 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.

Phase Suivi

- 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 :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- 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.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- 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).