

WILDENSTEIN (68)
-
RUE PRINCIPALE
-
**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-5-0-AVP	
Indice	Modifications	Date
0	Version initiale	22/01/2026

Nombre de pages : 24 + annexe(s)



LIEU :	11 au 31 rue principale
COMMUNE :	WILDENSTEIN (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-5-0-AVP
----------------------	-------------------

Rédacteur : M. PERRIN

Contrôle : T. GILLOT

SOMMAIRE

1 - PRESENTATION	4
1.1 - Contexte et objet de l'étude.....	4
1.2 - Localisation et limites de l'étude.....	4
1.3 - Hors étude	5
1.4 - Objectif du MOA	5
1.5 - Document de référence.....	6
2 - CONTEXTE NATUREL.....	7
2.1 - Géologie.....	7
2.1.1 - Géologie régionale.....	7
2.1.2 - Géomorphologie.....	7
2.2 - Hydrogéologie.....	11
2.3 - Aléas géotechniques	12
2.4 - Contexte environnemental.....	13
2.5 - Evènements passés.....	14
2.6 - Ouvrages existants	14
3 - SYNTHESE DES RECONNAISSANCES VISUELLES.....	15
3.1 - Méthode utilisée	15
3.2 - Détail des phénomènes instables.....	16
3.2.1 - Détail du recensement	16
3.2.2 - Analyse de la propagation	19
3.2.3 - Aléa d'écroulement et aléa de départ.....	22
3.2.4 - Aléa Résultant	22
3.2.5 - Facteurs aggravants	23
4 - PARADES PRECONISEES.....	24
4.1 - Proposition de parade	24
4.2 - Coûts et durée	24

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.

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 GEOLITHE pour une mission d'avant-projet géotechnique.

Cette mission intervient après la réalisation de plusieurs études 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 :

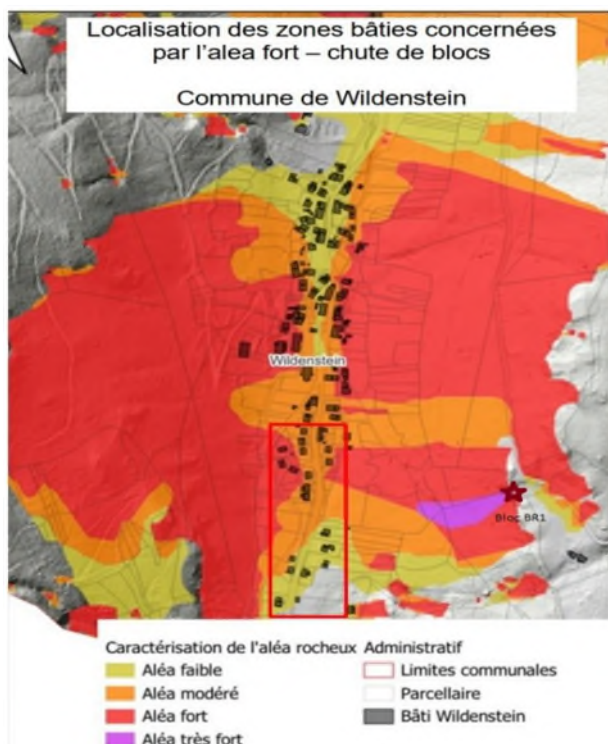
- ✓ Faire l'état des lieux des sites et faire un relevé détaillé des phénomènes instables ;
- ✓ Définir des principes de parades pour la mise en sécurité du site ;
- ✓ Réaliser le prédimensionnement des ouvrages ;
- ✓ Présenter les contraintes liées au site ;
- ✓ Réaliser l'estimation financière des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

Les reconnaissances ont été réalisées par M. PERRIN et T. GILLOT durant les mois de décembre 2025 et de janvier 2026.

1.2 - LOCALISATION ET LIMITES DE L'ETUDE

La zone étudiée est localisée entre deux versants bordant la commune et les enjeux considérés que sont les habitations et la RD13B.

La localisation de ces enjeux est précisée ci-dessous :



Localisation des enjeux sur carte d'aléa rocheux –
Extrait du CCTP

L'étude est focalisée sur les versants Est et Ouest en amont des enjeux.



Localisation des versants inspectés/étudiés



Photographie drone des enjeux aux pieds des versant Est et Ouest

1.3 - HORS ETUDE

Au-delà des limites de l'étude, les affleurements hors de la limite fixée dans le CCTP.

1.4 - OBJECTIF DU MOA

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

1.5 - DOCUMENT DE REFERENCE

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

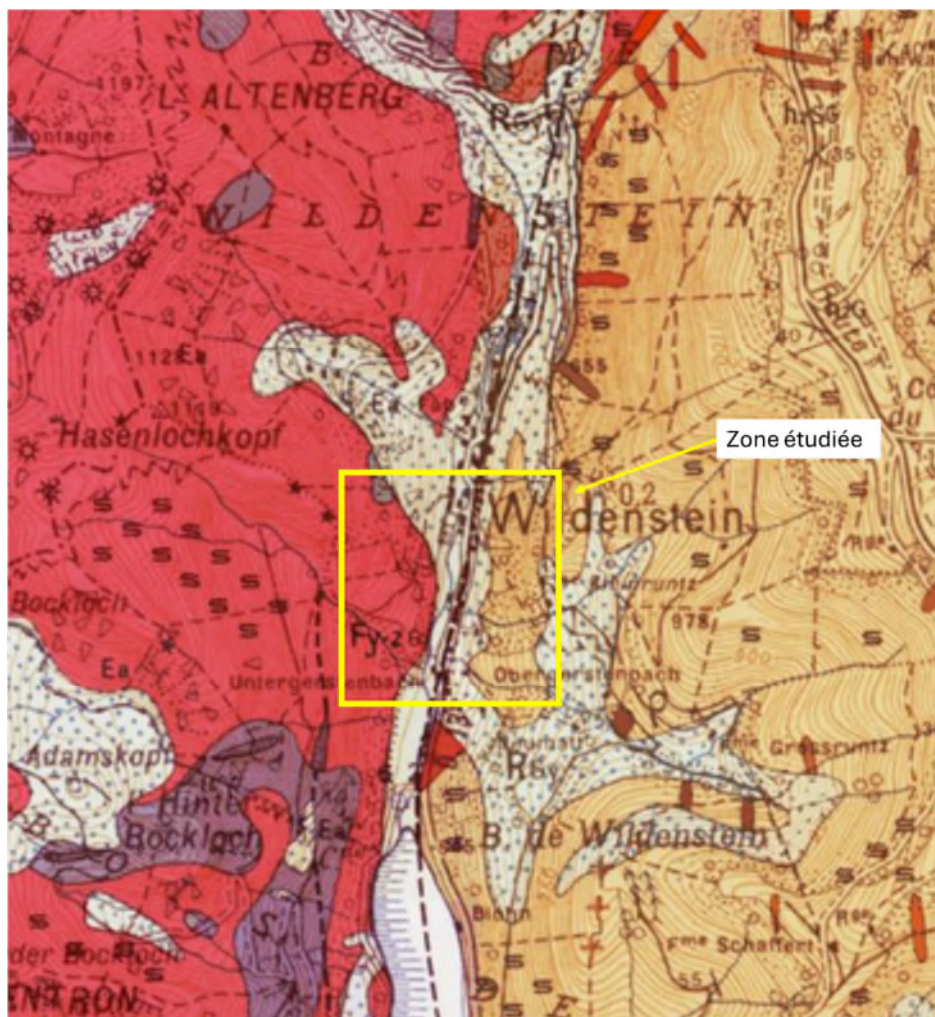
- Cahier des Clauses Techniques Particulières ;
- Etudes du BRGM de caractérisation de l'aléa rocheux sur les 5 communes de la vallée de la Thur Amont : BRGM/RP-BRGM/RP-72290-FR - Version 1, BRGM/RP-73253-FR, Version 1 et BRGM/RP-74022-FR, Version 1 ;
- Carte géologique de Munster au 1/50000eme et notice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

2 - CONTEXTE NATUREL

2.1 - GÉOLOGIE

2.1.1 - Géologie régionale

D'après la carte géologique du BRGM, la géologie du site d'étude est différente entre le versant Est et le versant Ouest. A l'Est, elle se caractérise par la série du Markstein (Viséen indifférencié) composée de schistes et de grauwackes. Sur le versant Ouest, ce sont les granites du Bramont et du Valtin qui affleurent en surface. Et entre ces deux versant, on trouve des alluvions vosgiennes de fond de vallée liées à la Thur et des dépôts glaciaires.



Localisation du site sur extrait de la carte géologique de Munster au 1/50000^{ème} – Infoterre, BRGM

2.1.2 - Géomorphologie

Comme mentionné précédemment, la commune de Wildenstein est située entre deux versants au milieu desquels coule la Thur à proximité de laquelle le village est construit. Plusieurs sentiers de randonnée permettent de cheminer à travers les versants. Dans le versant Est, le chemin du Neufeld le coupe pour desservir deux habitations (le Kleinrunzmatt) depuis la rue du Bramont.

Les deux versants sont couverts de forêts, hormis à l'ouest où un pierrier est bien visible en partie inférieure sur près de 220 m de long. De grandes falaises sont visibles en parties supérieures de ces versants.



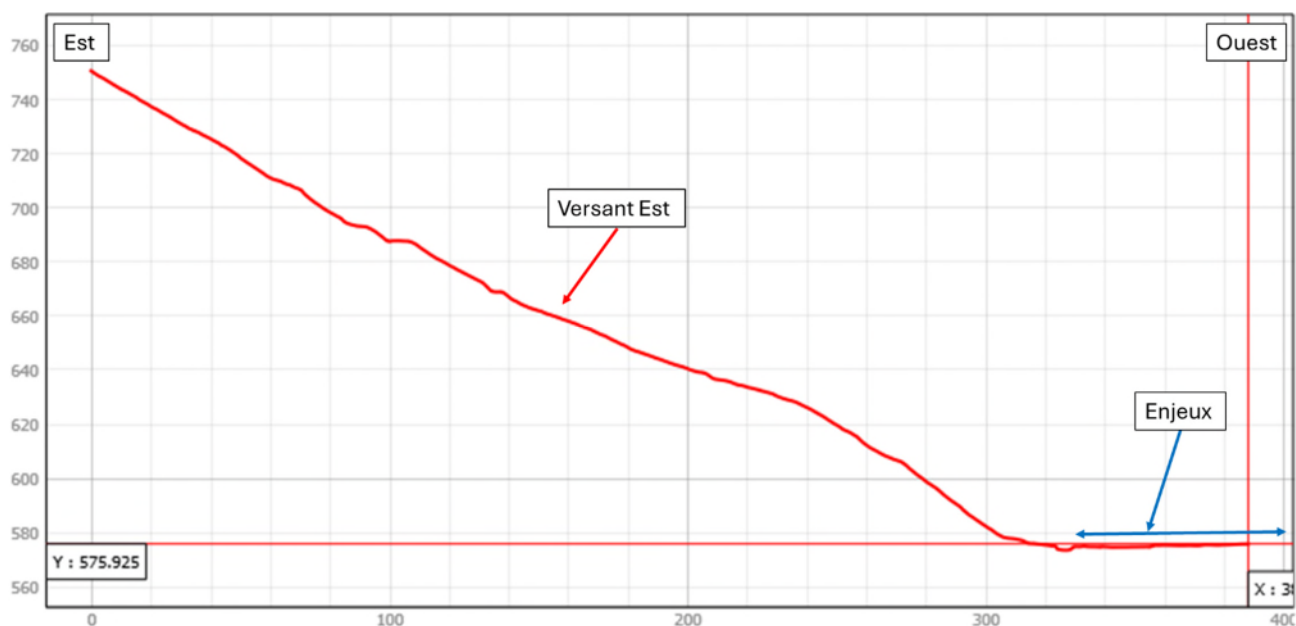
Photographie du versant Ouest montrant le linéaire recouvert par des éboulis

D'un point de vue topographique, le versant Est a une pente légèrement plus raide que celui à l'Ouest (38° contre 30°).



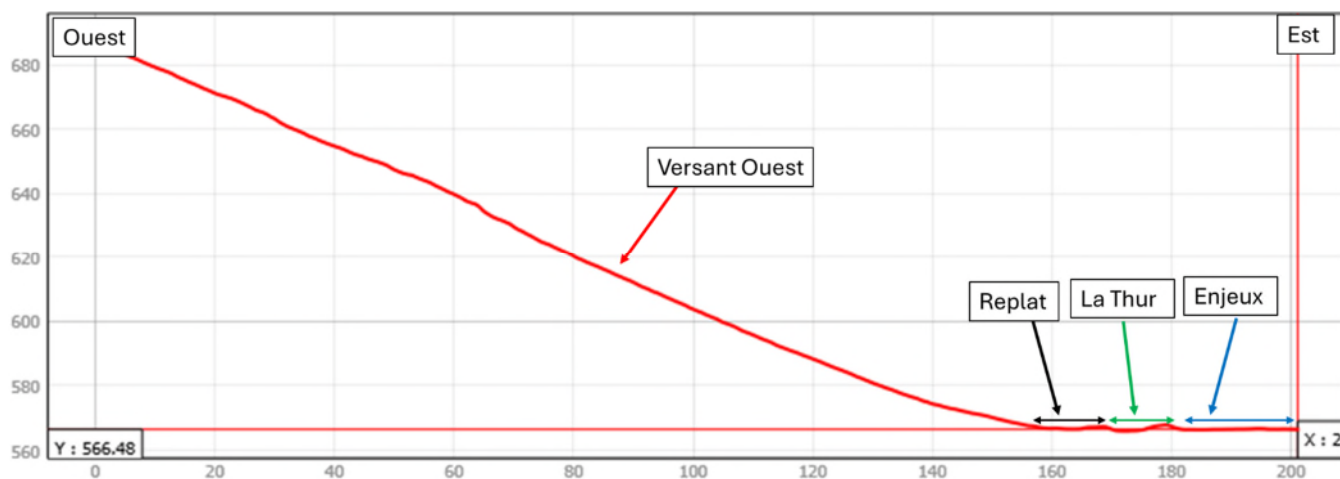
Profil topographique avec localisation de la commune

A l'Est, les premiers enjeux sont situés à une dizaine de mètres au minimum du pied du versant.

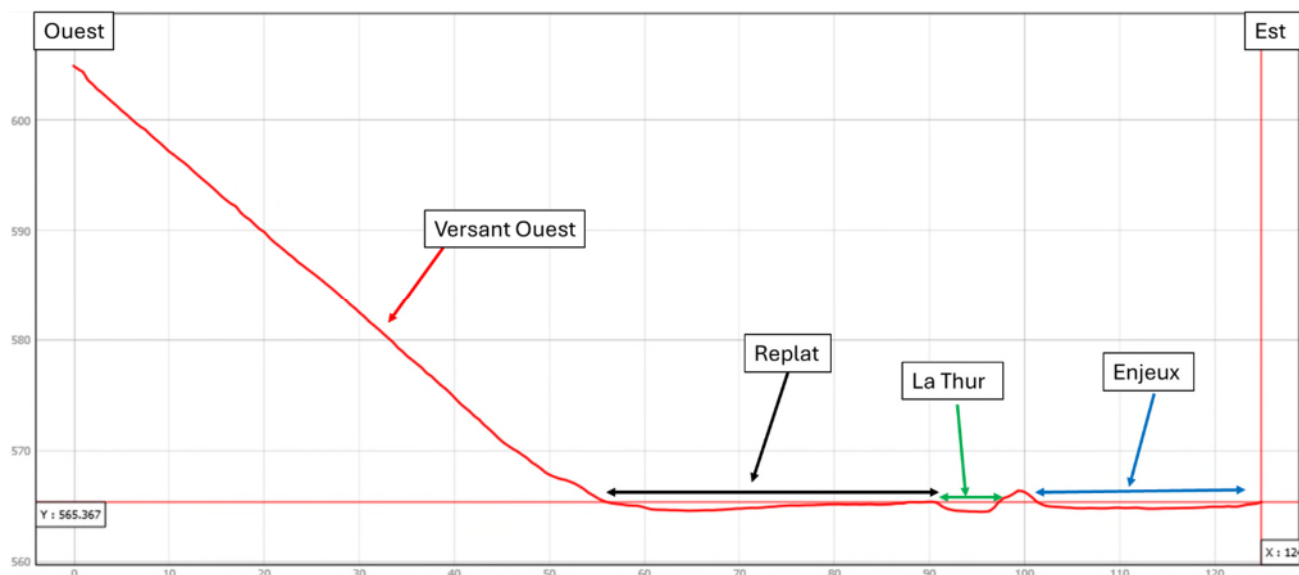


Profil 1 réalisé sur le versant Est

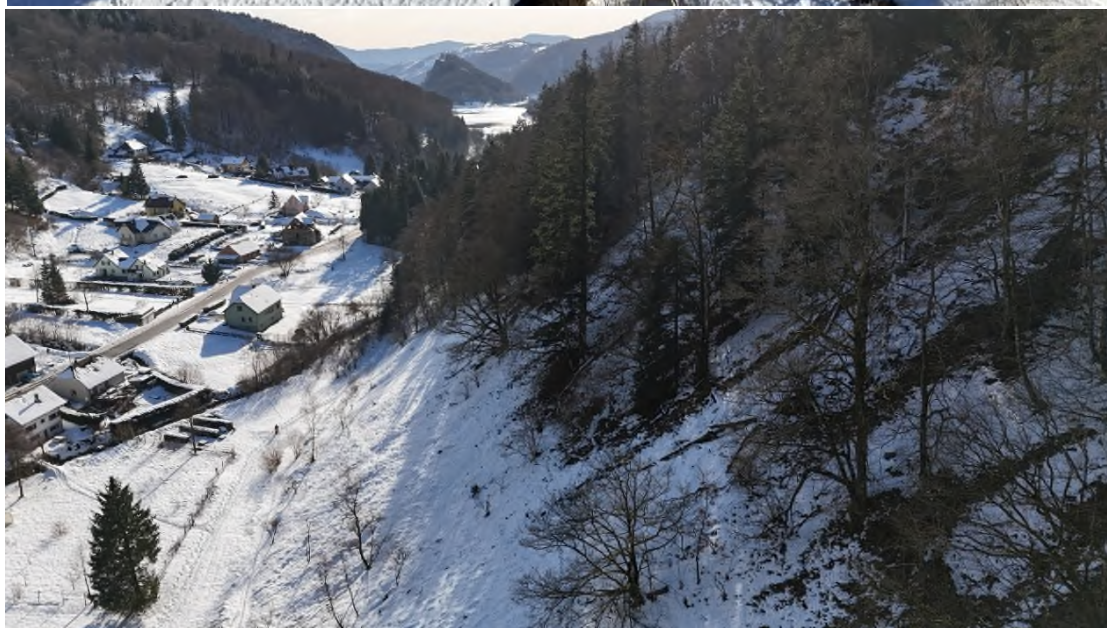
Les enjeux à l'Ouest sont séparés du pied de versant par un replat, où passe le chemin de la « pierre sauvage », la Thur, et par des merlons / enrochements. Le replat a une largeur variable, comprise entre 10 et 30 m.



Profil 1 réalisé sur le versant Ouest



Profil 2 réalisé sur le versant Ouest



Photographies drone du replat et de la Thur en pied du versant Ouest

2.2 - HYDROGEOLOGIE

La zone étudiée est soumise au ruissellement et à l'infiltration des eaux à travers les sols et les affleurements (traces d'humidité et ruissellements observés le long des fractures).

Le Kleinrunz et le Grossrunz s'écoulent dans le versant Est avant de se jeter dans la Thur au centre de la commune.



Localisation des ruisseaux dans le versant Est (source : Géoportail)



Photographie du Kleinrunz

2.3 - ALEAS GEOTECHNIQUES

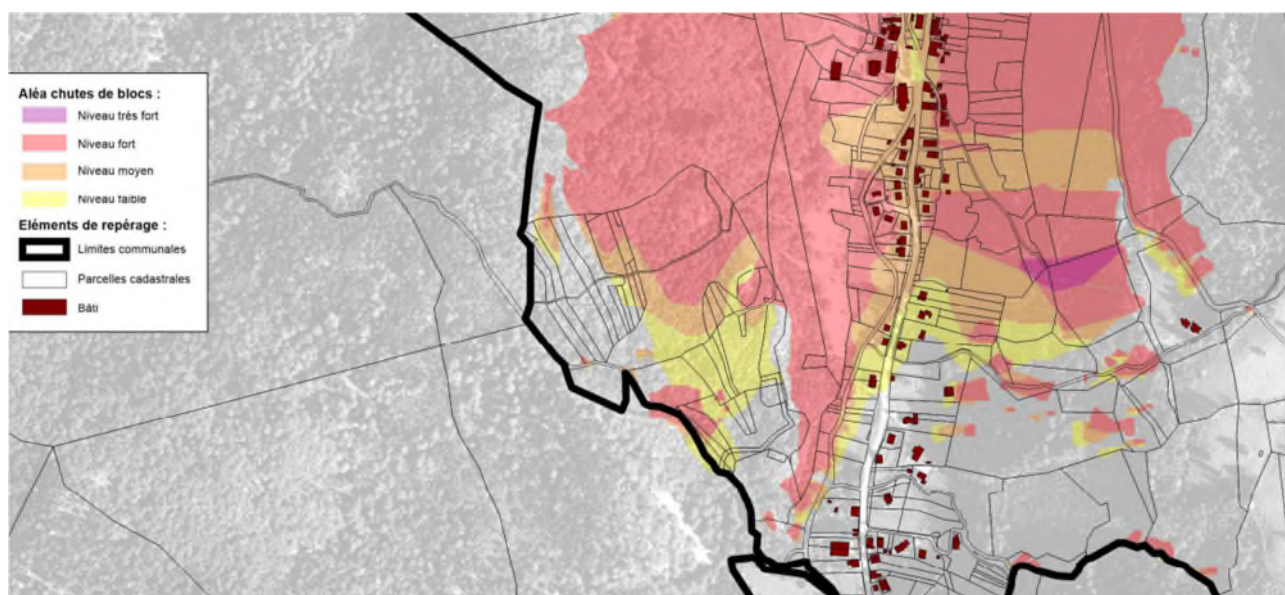
La synthèse des aléas est présentée ci-après :

ALEA	NIVEAU D'ALEA
Cavités souterraines	<i>Aucune cavité souterraine n'a été répertoriée à proximité de la zone d'étude</i>
Séisme	Niveau 3 - Moyen
Mouvements de terrains recensés	- Chute de bloc recensée dans la zone d'étude en 2019 en provenance du versant Ouest au droit des maisons 3-4 lots des jardins - Glissement de terrain en 2000 en amont du chemin du Neufeld
Retrait-gonflement des argiles	Faible



Localisation des mouvements de terrain (source : infoterre)

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 est classée rouge (niveau d'aléa fort) vis-à-vis de l'aléa chute de blocs.

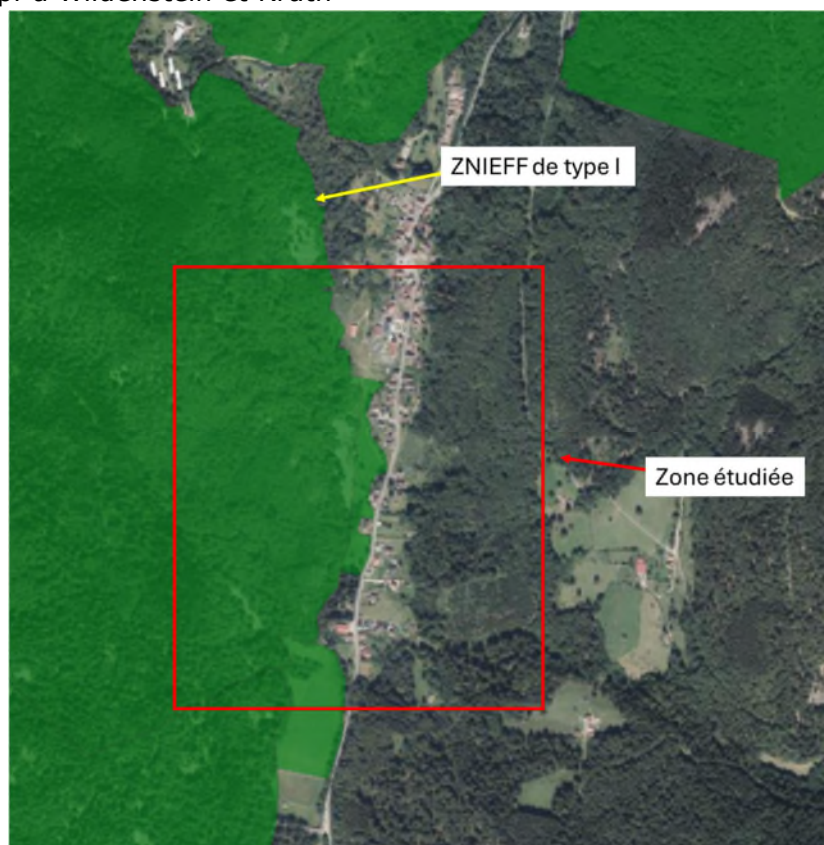


Extrait de la cartographie du porter à connaissance risque de mouvement de terrain – Planche 3

2.4 - CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

La commune est répertoriée/classée pour différent zonage environnementale :

- Le versant Ouest est situé dans une ZNIEFF de type I : « Falaises et cirque glaciaire du Hasenlochkopf à Wildenstein et Kruth »



Zonage ZNIEFF type I

- Le versant à l'Ouest ainsi que la partie du versant Est situé en amont du chemin de Neuflefd est classé en ZNIEFF de type II : « Hautes-Vosges haut-rhinoises »



Zonage ZNIEFF type II

- Des petites surfaces des versants Ouest et Est étudiés sont classées en zone Natura 2000.



Zonage Natura 2000 – Directives Oiseaux et Habitats

2.5 - EVENEMENTS PASSES

Comme mentionné dans le §2.3 un éboulement d'un bloc a été recensé en 2019 sur le versant Ouest.

La mairie de Wildenstein, contactée dans le cadre de cette étude, a fait état d'aucun évènement porté à sa connaissance.

2.6 - OUVRAGES EXISTANTS

Aucun ouvrage de protection n'a été observé dans le versant Est étudié en détails.

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

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.

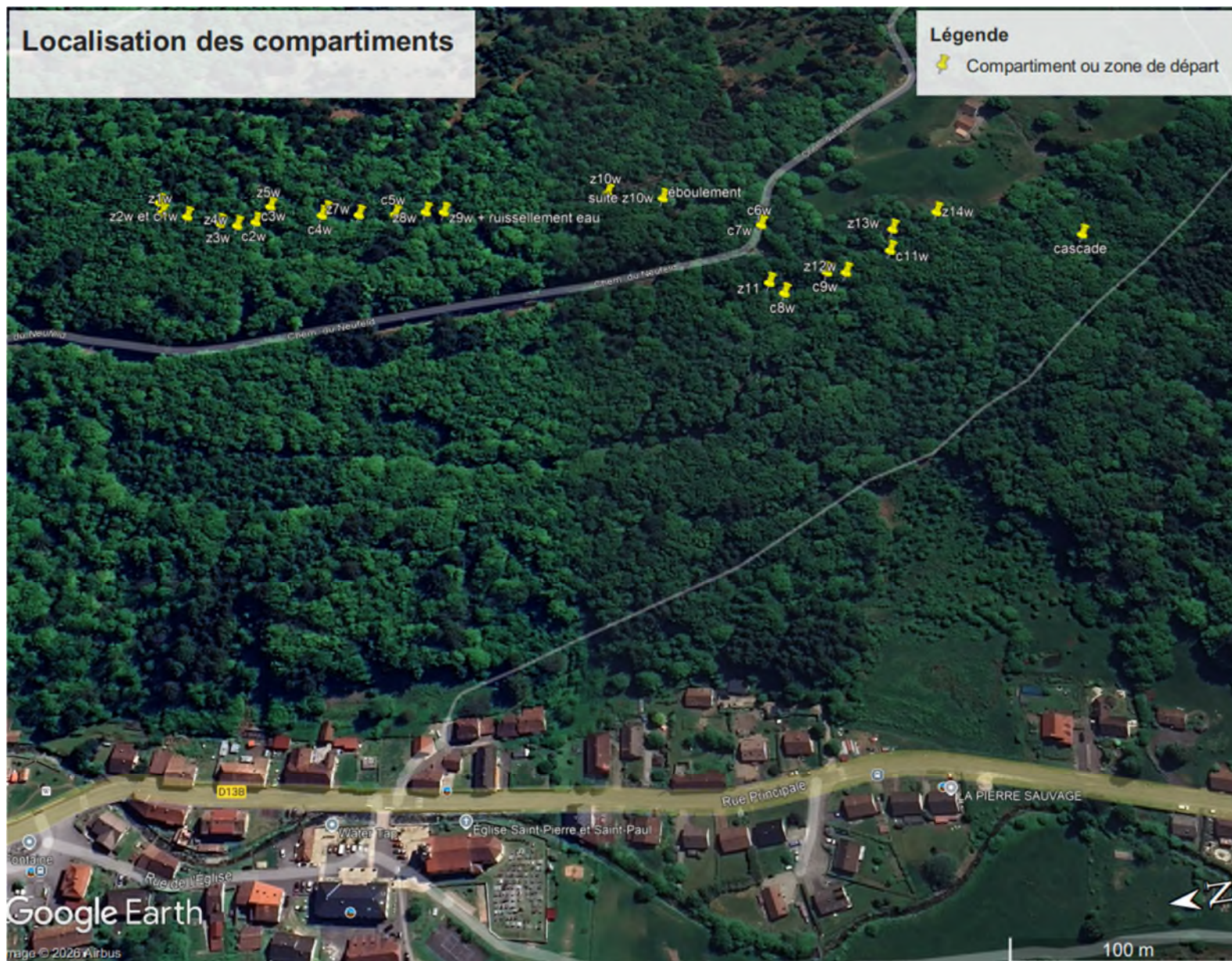
Le relevé de compartiments en versant ne nous a paru pertinent que pour le versant Est. En effet, les différents éléments topographiques en pied du versant Ouest empêche toute propagation d'éléments rocheux vers les enjeux.

Le tableau ci-après synthétise les résultats.

Numéro Secteur	Nom Compartiment	Hauteur	Largeur	Epaisseur	Volume	Volume résiduel	Classe Instab	Aléa d'écroulement
Wildenstein Est	Z1W			7.5 m3	7.5 m³	7.5 m3	Masse	Faible
	Z2W			5 m3	5.0 m³	5.0 m3	Masse	Moyen
	C1W	2.5 m	3.0 m	1.0 m	7.5 m³	6.0 m3	Masse	Faible
	Z3W		4 m 3		4.0 m³	4.0 m3	Masse	Faible
	Z4W			5 m3	5.0 m³	5.0 m3	Masse	Moyen
	C2W	5.0 m	1.2 m	1.5 m	9.0 m³	6.0 m3	Masse	Elevé
	C3W	3.0 m	1.5 m	2.0 m	9.0 m³	0.8 m3	Masse	Moyen
	Z5W			6m3	6.0 m³	6.0 m3	Masse	Faible
	C4W	1.2 m	1.0 m	1.0 m	1.2 m³	1.0 m3	Bloc	Moyen
	Z6W			100 l	0.1 m³	0.1 m3	Bloc	Moyen
	Z7W			300 l	0.3 m³	0.3 m3	Bloc	Moyen
	C5W	2.5 m	2.0 m	1.0 m	5.0 m³	4.0 m3	Masse	Faible
	Z8W			300 l	0.3 m³	0.3 m3	Bloc	Faible
	Z9W	de 1 à 5 m3 masse en bas et blocs en tête			1.0 m³	1.0 m3	Bloc	Moyen
	Z10W			2 à 3 m3	2.0 m³	2.0 m3	Masse	Faible
	C6W	0.7 m	0.7 m	0.7 m	0.3 m³	0.3 m3	Bloc	Faible
	C7W	1.5 m	2.0 m	0.8 m	2.4 m³	2.0 m3	Masse	Faible
	Z11W			60 l max	0.1 m³	0.1 m3	Pierre	Moyen
	C8W	2.0 m	5.0 m	1.2 m	12.0 m³	10.0 m3	Masse	Faible
	C9W	7.0 m	9.0 m	4.0 m	252.0 m³	25.0 m3	Très grande Masse	Faible
	Z12W			4 m3 : bloc en tete masse en pied	4.0 m³	4.0 m3	Masse	Moyen
	C10W	4.0 m	4.0 m	3.0 m	48.0 m³	10.0 m3	Grande Masse	Moyen
	Z13W			5 à 6 m3	5.0 m³	3.0 m3	Masse	Faible
	Z14W			2 à 3 m3	2.0 m³	2.0 m3	Masse	Faible

Rq : Pour les zones de départ, seul le volume moyen des éléments est répertorié

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.



Localisation des compartiments rocheux instables relevés dans le versant Est



Photographies des affleurements dans le versant Ouest

3.2.2 - Analyse de la propagation

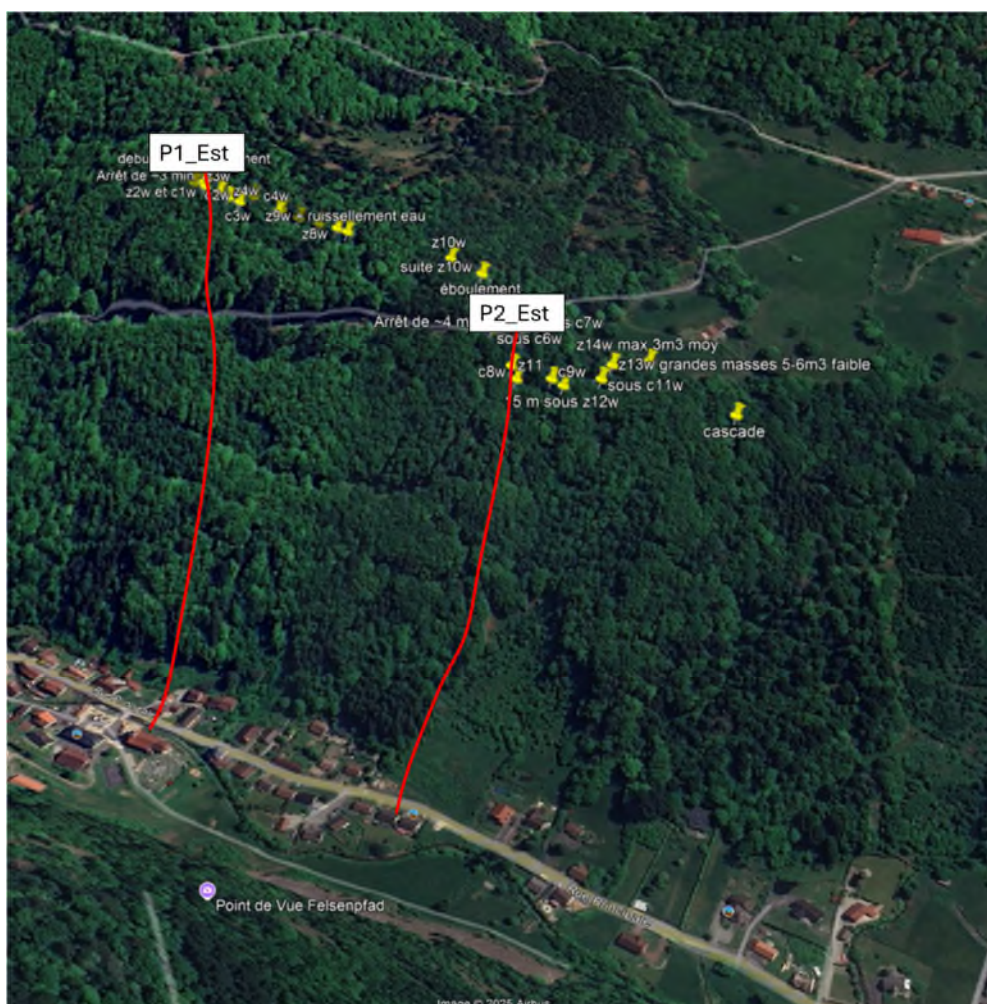
Les études trajectographiques permettent de définir la capacité des instabilités recensées à atteindre les enjeux identifiés et le cas échéant leur énergie à l'impact. Elles permettent ainsi de caractériser l'aléa résultant pour chaque zone étudiée.

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 de notre site d'étude, les volumes résiduels associés aux compartiments recensés sont compris entre 2 et 10 m³, selon 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

Sur le versant Est, 2 profils ont été étudiés. Le profil P1 démarre en amont du Chemin de Neufeld, le profil P2 démarre au droit de l'affleurement sous Chemin de Neufeld plus à l'Est, et les deux profils sont orientés selon un axe Nord-Sud jusqu'aux enjeux en pied du versant.



Sur le versant Ouest, aucune simulation n'a été réalisée compte tenu de l'impossibilité que les éboulements atteignent les enjeux, en l'état actuel des terrains.

3.2.2.3 - Hypothèses prises en compte

Nature des terrains :

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

- Rocher sain ;
- Rocher altéré ;

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

La répartition des natures de terrain le long des profils est affectée par segments, et 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 C_s .

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 C_s 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.

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).

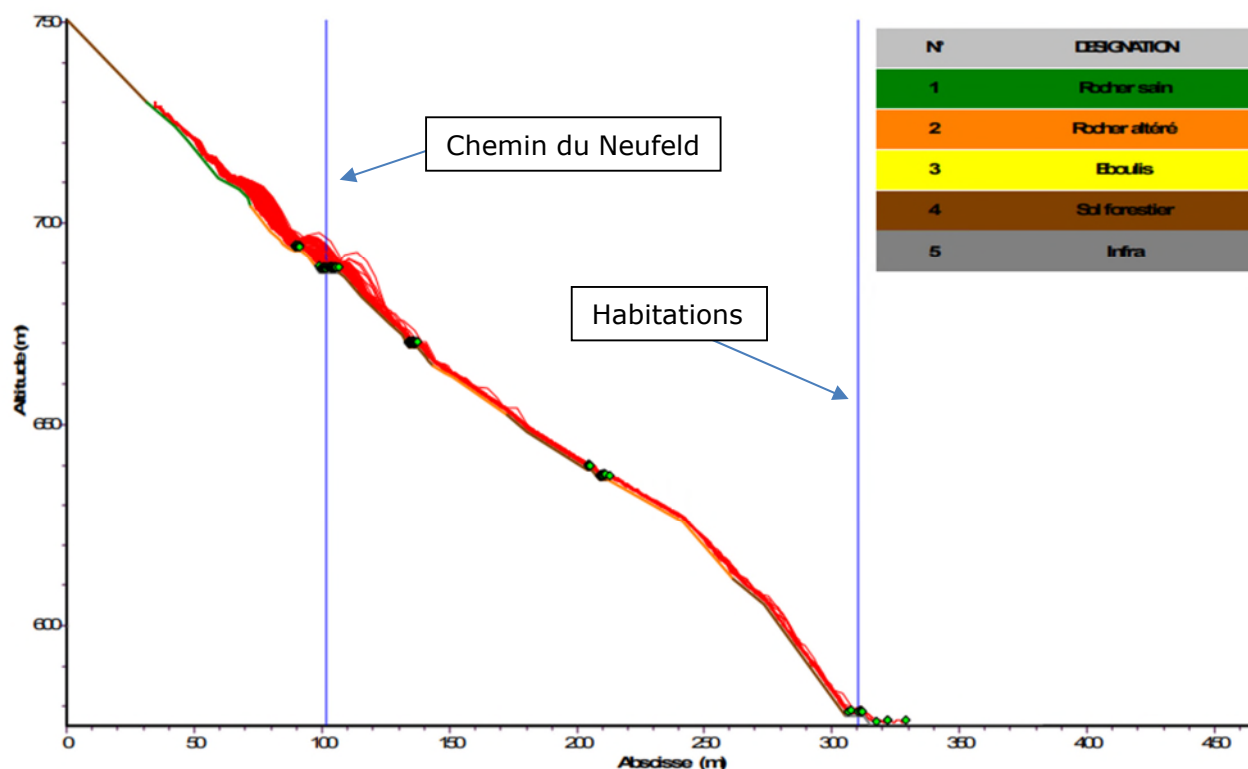
Végétation : La végétation n'est pas modélisée. En effet, la végétation n'est pas une parade pérenne et assurée dans le temps : des modifications du couvert végétal (coupe rase, incendie, maladies...) sont envisageables et sont de nature à affecter de façon importante la propagation des éboulements.

3.2.2.4 - Résultats

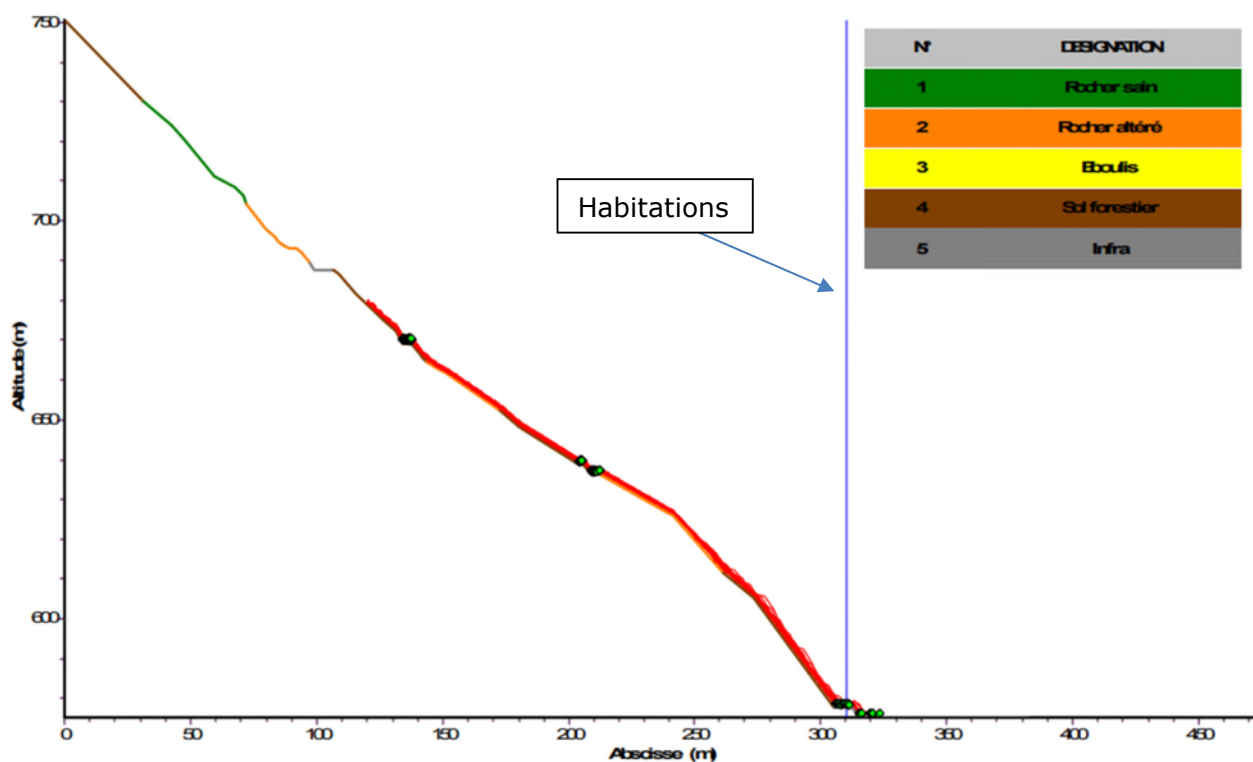
Versant Est :

2 cas de figure ont été modélisés sur le profil P1 :

- Zone de départ de masse en amont du chemin du Neufeld avec des compartiments compris entre 4 et 7 m³ (volumes estimés lors des reconnaissances en versant) ;
- Zone de départ de masse en aval de la route avec des compartiments compris entre 2 et 4 m³ (volumes estimés lors des reconnaissances en versant).



Profil P1 secteur Est amont - Représentation des 100 premières trajectoires sur 10 000 – 4 à 7 m³

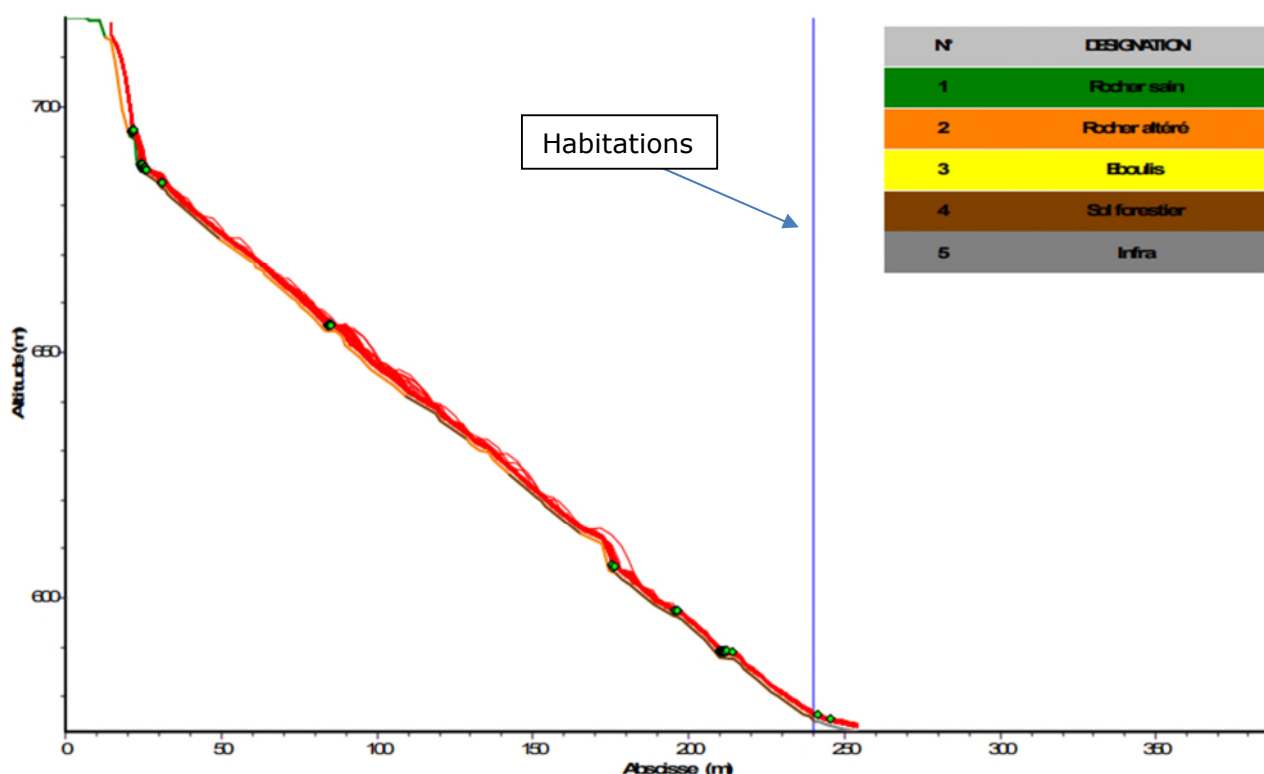


Profil P1 secteur Est aval - Représentation des 100 premières trajectoires sur 10 000 – 2 à 4 m³

Les résultats obtenus avec le profil P1 révèle que :

- Pour des départs en amont du chemin de Neufeld, 61,6% des éléments atteignent ce chemin, soit une probabilité d'atteinte très probable, et 2,8% atteignent les enjeux en pied de versant, soit une probabilité peu probable.
- Pour les départs sous le chemin, 15,4% des départs atteignent les enjeux, ce qui revient à qualifier la propagation de probable.

Le profil P2 a permis de modéliser des trajectoires en provenance de l'éperon rocheux sous le chemin du Neufled, au droit du secteur identifié par le bloc remarquable BR1 (rapport du BRGM).



Profil P2 secteur Est Représentation des 100 premières trajectoires sur 10 000 - 5 à 10 m³

Pour ces simulations sur ce profil, on obtient un pourcentage de 36% d'atteinte des enjeux, soit une probabilité de propagation qualifiée de très probable.

3.2.3 - Aléa d'éroulement et aléa de départ

Secteur	Linéaire zone de départ	Classe d'instabilité	Aléa d'éroulement										Aléa de départ	
			Très Elevé		Elevé		Moyen		Faible		Très Faible		$P_{\text{départ}}$	Littéral
			%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre		
Wildenstein Est	800.0 m	Pierres	0%	0	0%	0	75%	86.3	25%	28.8	0%	0	0.16	Moyen
		Blocs	0%	0	10%	8.7	65%	56.6	25%	21.8	0%	0	0.17	Moyen
		Masses	0%	0	5%	3.15	25%	15.8	70%	44.1	0%	0	0.07	Moyen
		Grandes Masses	0%	0	0%	0	100%	1	0%	0	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

Ci-dessous sont indiqués les aléas résultants des secteurs dans leur état actuel.

• Secteur versant Est :

Secteur	Linéaire zone de départ	Classe d'instabilité	Aléa de départ		Probabilité de Propagation		Aléa résultant			
			$P_{\text{départ}}$	Littéral	Lin. enjeux	Proba	Proba	Littéral	Proba	Global Secteur
Wildenstein Est	800.0 m	Pierres	0.16	Moyen	450.0 m	1%	Peu Probable	0.00	Très Faible	0.04
		Blocs	0.17	Moyen		1%	Peu Probable	0.00	Très Faible	
		Masses	0.07	Moyen		30%	Très Probable	0.04	Faible	
		Grandes Masses	0.00	Très Faible		5%	Probable	0.00	Très Faible	
		Très Grandes Masses	0.00	Très Faible		5%	Probable	0.00	Très Faible	

• Secteur versant Ouest :

Nous estimons un aléa résultant **FAIBLE** vis-à-vis des enjeux sur ce secteur, compte-tenu de la topographie et de l'éloignement des maisons par rapport au pied de versant.

Les parcelles 11 à 15 de la section 4, 59 à 63 et 114 à 122, 297 et 298 de la section 3 ainsi que les chemins qui les longent ne sont pas considérées à ce stade comme des enjeux étant donné l'absence de construction.

3.2.5 - Facteurs aggravants

L'affleurement étudié est végétalisé. Des arbres y sont enracinés, pouvant contribuer à déstabiliser certaines zones (ouverture de discontinuités par les racines ou en cas de chute).

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 - PARADES PRECONISEES

4.1 - PROPOSITION DE PARADE

Compte tenu de l'aléa faible quantifié avec la méthode Géolithe, nous ne préconisons pas d'installation de parades de sécurisation sur les secteurs étudiés sur la commune de Wildenstein.

Cependant, la méthode MEZAP et la cartographie du BRGM ayant à juste titre mis en avant un aléa élevé sur ces affleurements et les versants étant soumis au phénomène d'érosion, nous conseillons une surveillance régulière incluant l'inspection des compartiments recensés pour surveiller leurs évolutions potentielles et anticiper des signes de ruptures.

Ces inspections sont à faire réaliser par des bureaux d'études ou services de l'état compétents, la plupart des compartiments étant classé de faible à moyen (=> écroulement estimé entre 5 et 100 ans. Nous conseillons une inspection tout les 3 à 4 ans, complétée par des visites après d'éventuelles tempêtes.

En cas d'événement exceptionnel, comme un éboulement de grande ampleur ou l'atteinte des enjeux par des éléments rocheux, nous conseillons de faire réaliser une inspection d'urgence pour déterminer la cause de la chute de bloc et les mesures à prendre.

Remarques :

- *Nous conseillons de ne pas aménager les parcelles en pied du versant Ouest qui, elles, se trouvent dans les trajectoires de potentielles chutes d'éléments rocheux pouvant présenter des volumes importants ;*
- *Si le chemin de la Pierre Sauvage (randonnée/piéton) et/ou le chemin de Neufled (route) sont considérés par la maîtrise d'ouvrage comme des enjeux, le niveau des aléas résultants augmenterait, ce qui pourrait impliquer la nécessité de réaliser des travaux relativement importants et coûteux.*

4.2 - COUTS ET DUREE

La surveillance de versant est une méthode à faible coût. Compte tenu de la superficie du secteur, une à deux journées d'inspection peuvent être suffisantes pour vérifier que l'état d'écroulement des compartiments n'a pas été modifié et éventuellement identifier de nouvelles instabilités.

Le cout d'un bureau d'étude pour ce genre de mission avec rédaction d'un rapport d'inspection est estimé entre 2500 et 3500 € HT

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.

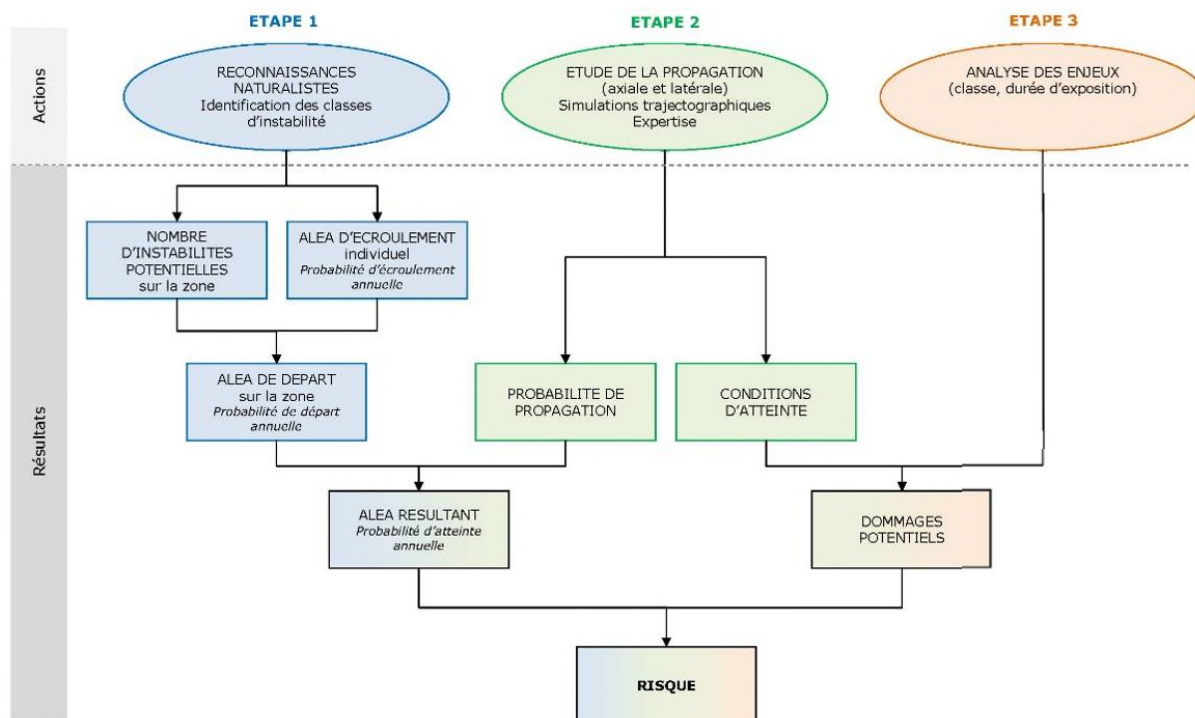
METHODOLOGIE GEOLITHE DE DETERMINATION DE L'ALEA RESULTANT

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 :

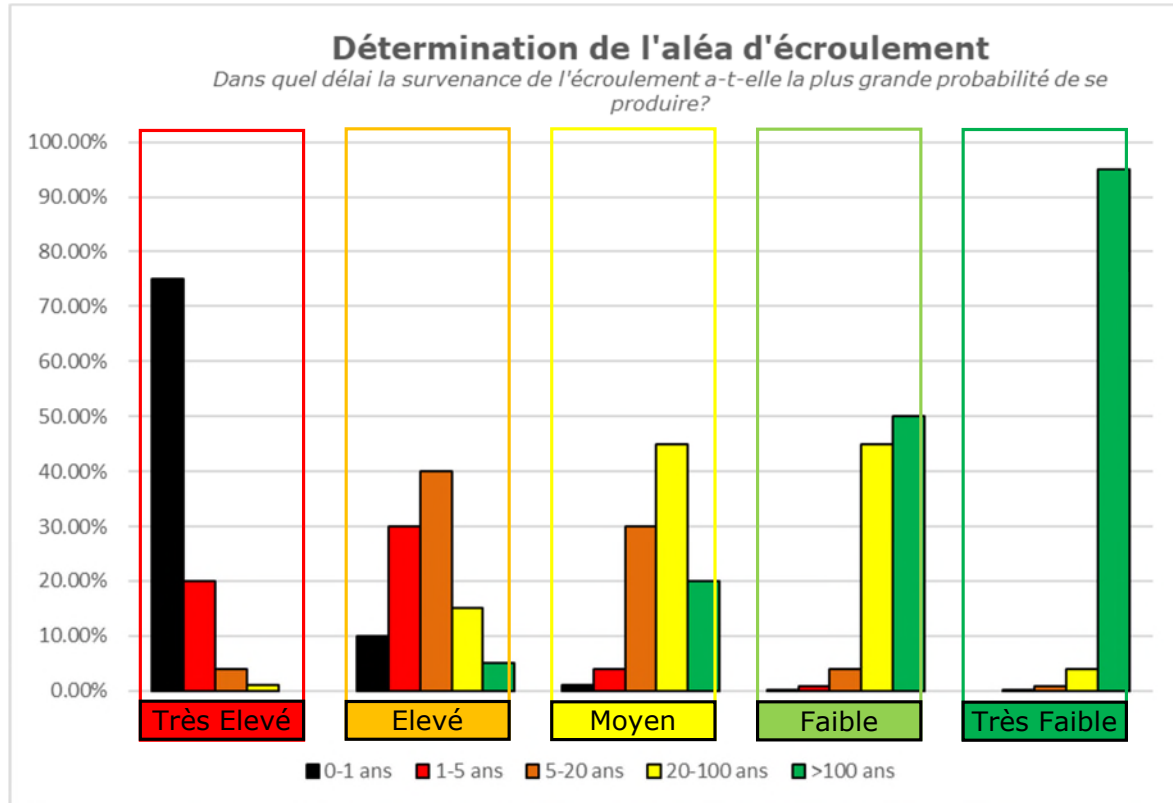
L'aléa d'écroulement est déterminé de manière experte en déterminant la période dans laquelle l'écroulement du compartiment a la plus grande probabilité de se produire.

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	80%
Elevé	20%
Moyen	5%
Faible	1%
Très Faible	

Probabilité de propagation

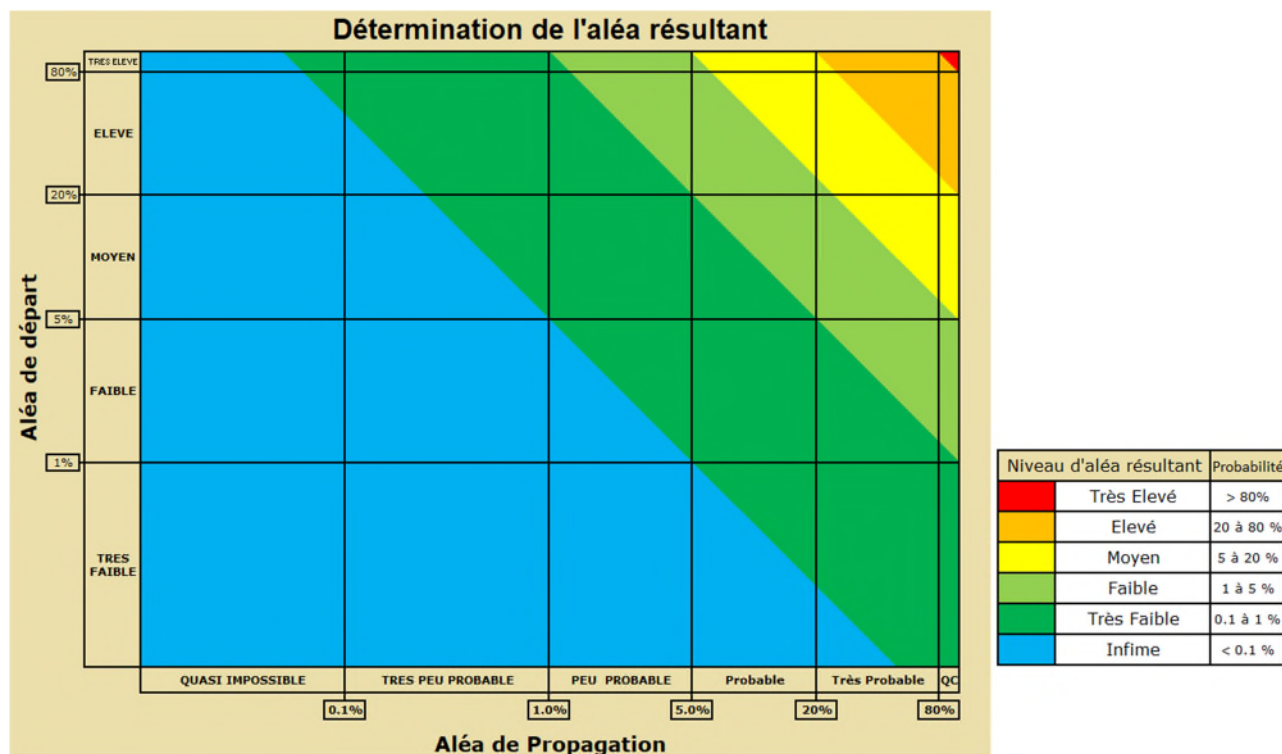
La probabilité de propagation est déterminée soit de manière experte, soit sur la base de simulations trajectographiques. Les niveaux d'aléa de propagation en fonction des probabilités de propagation sont définis dans le tableau ci-dessous :

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

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: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z1W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z2W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C1W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z3W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z4W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C2W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C3W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z5W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C4W

Type: Bloc

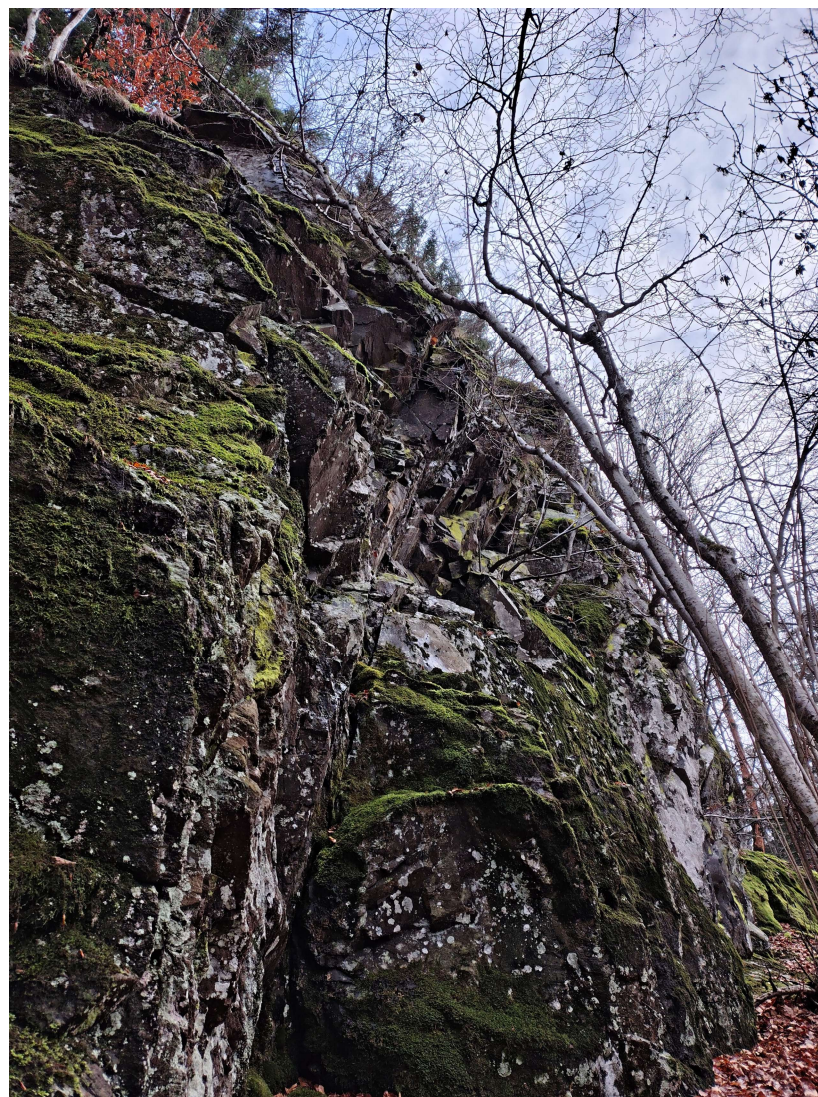


Protection contre les éboulements rocheux
Vallée de la Thur Amont (68)
Éléments rocheux identifiés

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z6W

Type: Bloc



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z7W

Type: Bloc



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C5W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z8W

Type: Blocs



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z9W

Type: Blocs et masses



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z10W

Type: Masses



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C6W

Type: Bloc



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C7W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z11W

Type: Pierres



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C8W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C9W

Type: Très Grande Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z12W

Type: Masses et Blocs



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: C10W

Type: Grande Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

N° compartiment: Z13W

Type: Masse



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

Secteur: Wildenstein versant Est

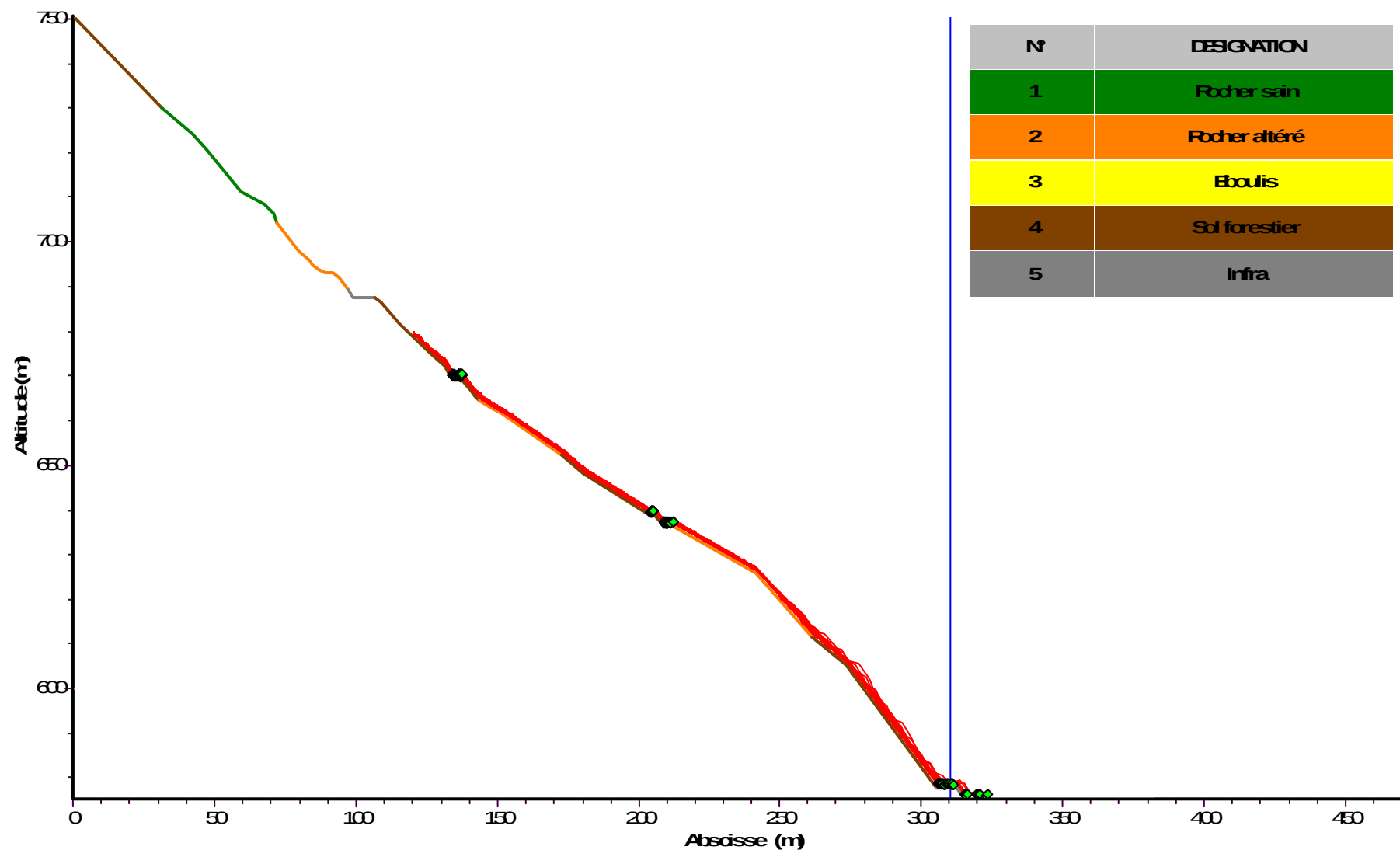
N° compartiment: Z14W

Type: Masse



Annexe 3.

RESULTATS DES SIMULATIONS TRAJECTOGRAPHIQUES



N° Profil : P1_W_E N° Dossier : 25-106 N° Ordre : N° Pièce : Indice :

Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026

Fichier : 25-106 PP1_W_E.slx

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) 310
Altitude (m) 577.66
EnTotmax 802.25
EnTotmin 2.02
EnTotmoy 104.77
Ecart type 107.63
EnTrmax 454.02
EnTrmin 1.68
EnTrmoy 66.65
Ecart type 66.73
Hpmax 2.78
Hpmin 0.5
Hpmoy 1.21
Ecart type 0
Vitmax 11.22
Vitmin 0.65
Vitmoy 3.74
Ecart type 1.73
Nb 1537
EnTotPmax 802.25
EnTotPmin 2.02
EnTotPmoy 104.77
Ecart type 107.63
EnTrPmax 454.02
EnTrPmin 1.68

N° Profil : P1_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :



RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

EnTrPmoy 66.65
Ecart type 66.73
HpPmax 2.78
HpPmin 0.5
HpPmoy 1.21
Ecart type 0
VitPmax 11.22
VitPmin 0.65
VitPmoy 3.74
Ecart type 1.73
NbP 1537
Incmax 79.46
Incmin 0.01
Inc moy 24.22
Ecart type 15.13
Tpmax 53.13
Tpmin 28.82
Tp moy 39.31
Ecart type 4.79
Volumemax 4
Volumemin 2
Volumemoy 3
Ecart type 0

N° Profil : P1_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

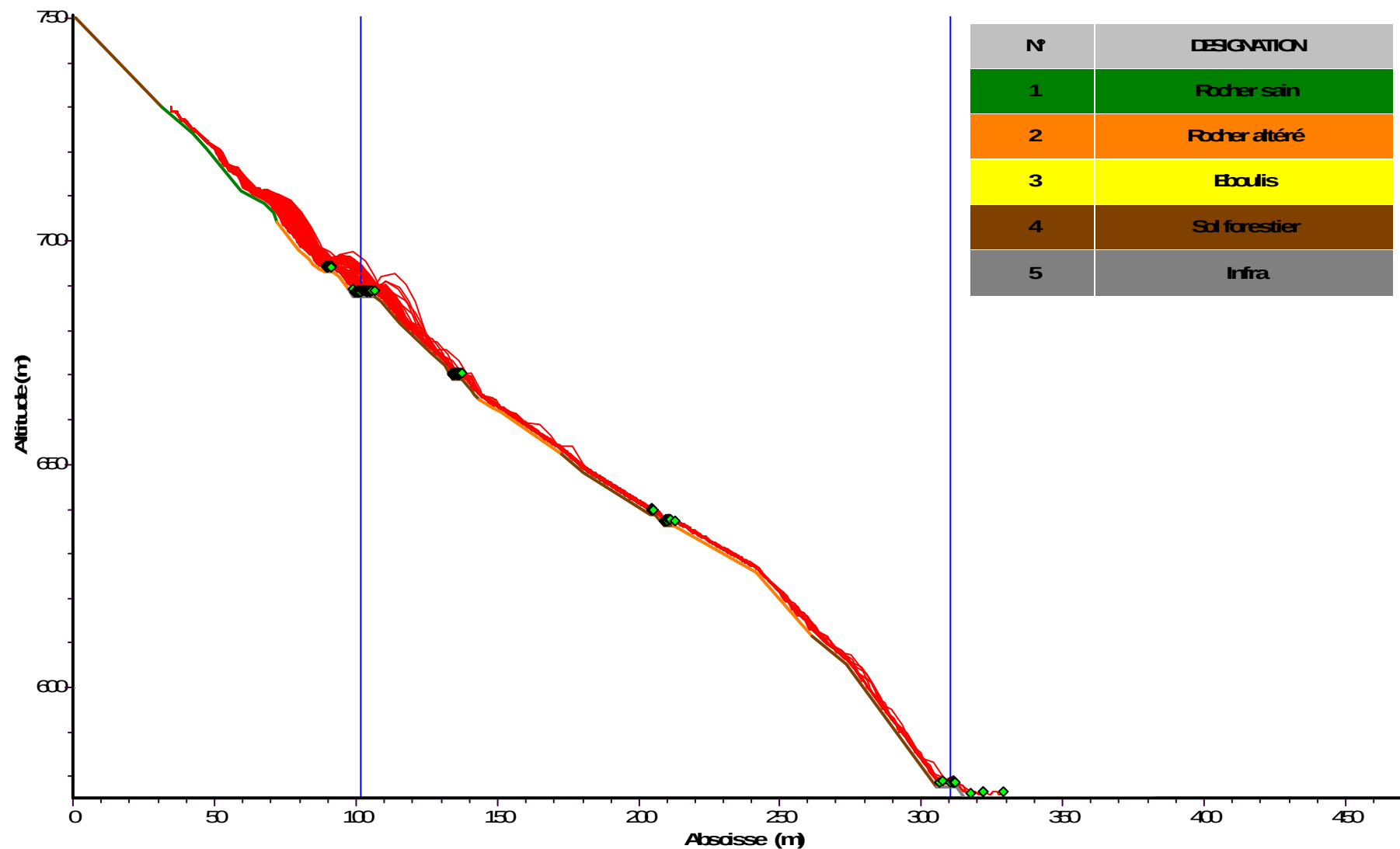
Indice :

SILEX 2000 Version 3
Copyright© GEOLITHE 1999-2005
tous droits réservés



Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026
Fichier : 25-106 PP1_W_E.slx
Page : 2



N° Profil : P1_W_E N° Dossier : 25-106 N° Ordre : N° Pièce : Indice :

Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026

Fichier : 25-106 PP1_W_E.slx

Page : 1



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	2
Abscisse (m)	102	310
Altitude (m)	687.67	577.66
EnTotmax	3386.62	1446.85
EnTotmin	0.55	1.14
EnTotmoy	405.23	181.12
Ecart type	519.52	199.68
EnTrmax	2636.2	870.84
EnTrmin	0.43	1.02
EnTrmoy	292.5	115.82
Ecart type	407.75	127.12
Hpmax	8.93	2.74
Hpmin	0.69	0.76
Hpmoy	1.56	1.38
Ecart type	0	0
Vitmax	18.73	10.26
Vitmin	0.29	0.42
Vitmoy	5.23	3.59
Ecart type	3.74	1.73
Nb	6166	285
EnTotPmax	3386.62	1446.85
EnTotPmin	0.55	1.14
EnTotPmoy	405.23	181.12
Ecart type	519.52	199.68
EnTrPmax	2636.2	870.84
EnTrPmin	0.43	1.02

N° Profil : P1_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :



RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

EnTrPmoy	292.5	115.82
Ecart type	407.75	127.12
HpPmax	8.93	2.74
HpPmin	0.69	0.76
HpPmoy	1.56	1.38
Ecart type	0	0
VitPmax	18.73	10.26
VitPmin	0.29	0.42
VitPmoy	5.23	3.59
Ecart type	3.74	1.73
NbP	6166	285
Incmax	80.09	58.15
Incmin	0	0.52
Incroy	27.45	22.47
Ecart type	16.58	12.76
Tpmax	17.44	66.61
Tpmin	2.05	45.96
Tpmoy	8.96	58.43
Ecart type	1.73	3.16
Volumemax	7	7
Volumemin	4	4
Volumemoy	5.49	5.43
Ecart type	0	0

N° Profil : P1_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

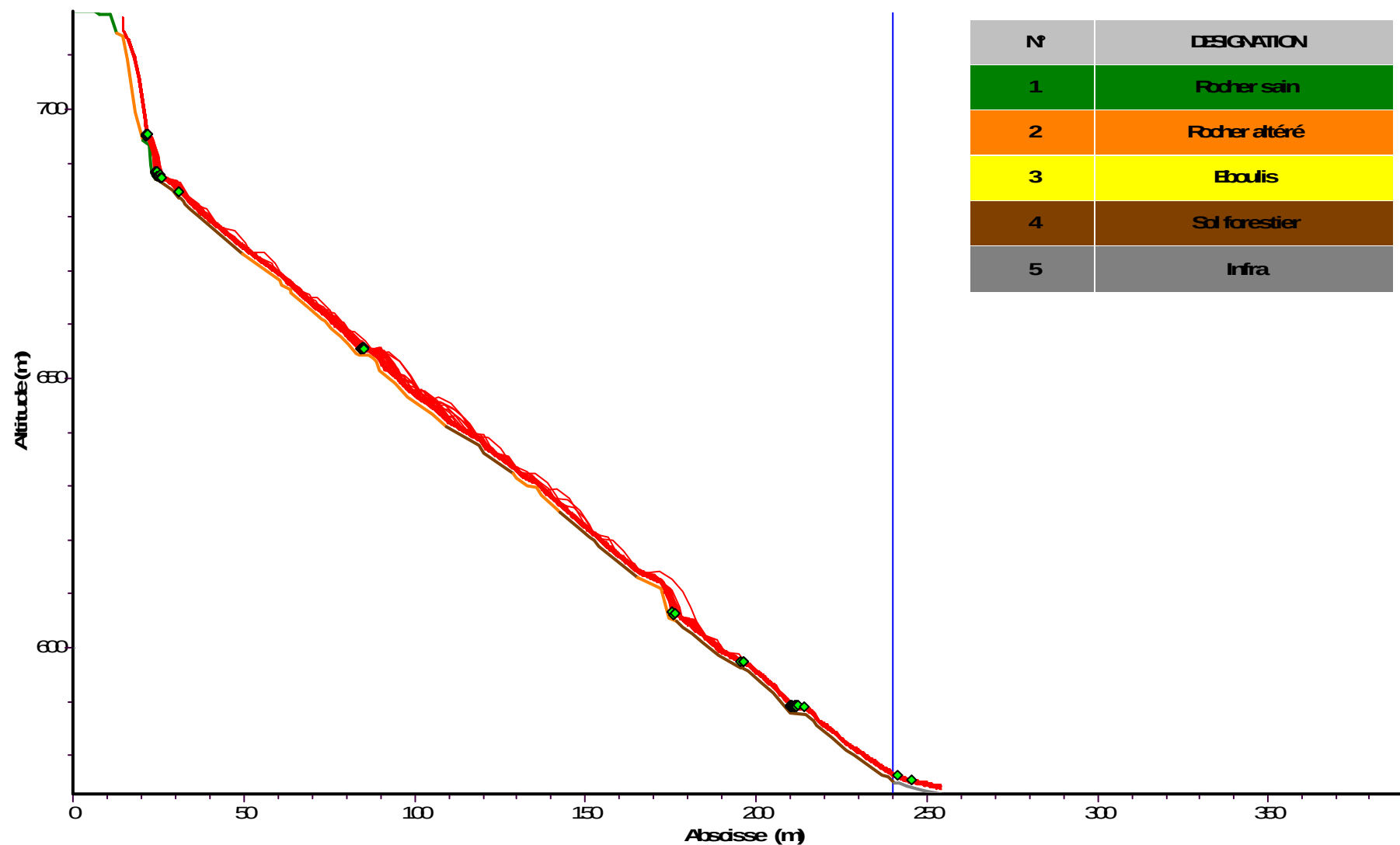
Indice :

SILEX 2000 Version 3
Copyright© GEOLITHE 1999-2005
tous droits réservés



Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026
Fichier : 25-106 PP1_W_E.slx
Page : 2



N° Profil : P2_W_E N° Dossier : 25-106 N° Ordre : N° Pièce : Indice :

Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026

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) 240
Altitude (m) 575.35
EnTotmax 817.43
EnTotmin 91.93
EnTotmoy 278.68
Ecart type 105.34
EnTrmax 684.98
EnTrmin 54.41
EnTrmoy 208.77
Ecart type 91.91
Hpmax 1.98
Hpmin 0.89
Hpmoy 1.46
Ecart type 0
Vitmax 7.61
Vitmin 2.8
Vitmoy 4.63
Ecart type 0
Nb 3604
EnTotPmax 806.92
EnTotPmin 37.82
EnTotPmoy 293.68
Ecart type 114.24
EnTrPmax 676.57
EnTrPmin 22.39

N° Profil : P2_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :



RESULTATS STATISTIQUES AUX POINTS D'INTERCEPTION

EnTrPmoy 226.77
Ecart type 100.3
HpPmax 1.82
HpPmin 0.77
HpPmoy 1.35
Ecart type 0
VitPmax 7.54
VitPmin 1.62
VitPmoy 4.81
Ecart type 0
NbP 3604
Incmax 55.97
Incmin 0.01
Inc moy 30.67
Ecart type 14.93
Tpmax 64.22
Tpmin 38.65
Tp moy 52.8
Ecart type 3.6
Volumemax 10
Volumemin 5
Volumemoy 7.47
Ecart type 1.41

N° Profil : P2_W_E

N° Dossier : 25-106

N° Ordre :

N° Pièce :

Indice :

SILEX 2000 Version 3
Copyright© GÉOLITHE 1999-2005



tous droits réservés



Wildenstein 25-1064

Date : 05/01/2026
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).