

# Etude de l'aléa chutes de blocs Proposition de parades Commune de Joeuf (Meurthe-et-Moselle)

Rapport final

BRGM/RP-60167-FR

Septembre 2012



Direction Départementale des  
Territoires  
de Meurthe et Moselle



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Etude de l'aléa chutes de blocs Proposition de parades Commune de Joeuf (Meurthe-et-Moselle)

Rapport final

**BRGM/RP-60167-FR**  
Septembre 2012

**C. Cartannaz, S. Actis, J. Morin**

**Vérificateur :**

Nom : C. Mathon

Date : 10/09/12

(original signé)

**Approbateur :**

Nom : D. Midot

Date : 21/09/09/12

(original signé)

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique, l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**



Direction Départementale des  
Territoires  
de Meurthe et Moselle



**Mots clés** : Mouvements de terrain, chutes de blocs, risques, aléa, expertise, Lorraine, Meurthe-et-Moselle, Joeuf

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**CARTANNAZ C., ACTIS S., MORIN J.** (2012) Etude de l'aléa chutes de blocs. Proposition de parades, commune de Joeuf (Meurthe-et-Moselle) Rapport BRGM/RP-60167-FR, 102 p., 7 ill., 4 ann., 2 cartes hors-texte.

## Synthèse

Sur 4 communes de Meurthe-et-Moselle (Bouillonville, Joeuf, Mousson et Preny), la Direction Départementale des Territoires (DDT) de Meurthe-et-Moselle a missionné le BRGM pour évaluer l'aléa lié aux chutes de blocs et proposer des parades pour réduire le risque qu'induit ce phénomène sur les enjeux.

Ce rapport propose donc une cartographie à l'échelle du 1/5 000 de l'aléa « chutes de blocs » sur la commune de Joeuf. La démarche adoptée est de type expert et s'appuie sur une méthodologie qui tient compte de la propension des zones de départ potentielles à produire des blocs instables (aléa de départ) et les possibilités de propagation de ces blocs après leur chute (aléa de propagation).

L'évaluation des possibilités de propagation des projectiles rocheux relève quand c'est nécessaire à l'expertise des résultats de quelques simulations trajectographiques simplifiées (logiciel BRGM : Pierre98©), nécessitant des levés de terrain effectués à l'aide d'un clisimètre et d'un distancemètre laser.

L'ensemble des zones touchées par un aléa « chutes de blocs » s'est vu proposé une solution de confortement afin de réduire ou supprimer le risque. En outre, afin de faciliter les choix et les priorités des décideurs pour effectuer les travaux de confortement, il est opéré une identification des principaux secteurs à risque avec classement des priorités d'intervention selon trois niveaux.

La commune de Joeuf présente des zones d'aléa « chutes de blocs » faible à moyen. Les secteurs d'aléa fort sont absents sur la partie étudiée de la commune.

Les secteurs où il est fortement recommandé de mettre en place des parades, concernent la rue Haropré. En effet, un affleurement isolé dans le talus d'éboulis devra faire l'objet d'une protection par un grillage plaqué afin d'éviter le départ des blocs qui pourraient dévaler le talus d'éboulis et impacter les voitures et personnes présentes sur la route. De même pour l'affleurement accolé à la route qui est source de départ de blocs qui se dirigeront directement sur la route et les voitures stationnées le long de la rue.

Lors de la prise en compte du risque chutes de blocs dans les demandes d'autorisations d'urbanisme, la mise en place soit des parades liées à l'aléa de départ soit de celles liées à l'aléa de propagation seront exigées par les services de l'état.



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
1.1. OBJET DE L'ETUDE .....	7
1.1.1. Objectif.....	7
1.1.2. Phénomène pris en compte.....	7
1.2. LOCALISATION .....	8
1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	8
<b>2. Méthodologie sur l'aléa chutes de blocs et évaluation des secteurs à risque</b>	<b>Erreur ! Signet</b>
2.1. EVALUATION DE L'ALEA.....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
2.1.1. Evaluation de l'aléa de départ .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1.2. Evaluation de l'aléa de chutes de blocs.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1.3. Evaluation de l'aléa final en trois classes .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2. EVALUATION DES ENJEUX ET VULNERABILITE	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
2.3. EVALUATION DU RISQUE, PRIORITE POUR LES SOLUTIONS DE CONFORTEMENT .....	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>
<b>3. Exemple de parades préconisées dans cette étude .....</b>	<b>17</b>
<b>4. Diagnostic sur l'aléa chutes de blocs et les zones de priorité pour les parades     proposées.....</b>	<b>19</b>
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>23</b>

### Liste des illustrations

Illustration 1 - Principe d'évaluation du risque. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Illustration 2 - Exemple simplifié de la gradation de l'aléa de propagation	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Illustration 3 - Exemple de zonage de l'aléa final en trois classes à partir de l'aléa de départ .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Illustration 4 - Principe d'évaluation du risque. ....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

Illustration 5 - Matrice pour l'établissement des priorités concernant la mise en place des parades .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Illustration 6 - Tableau synthétique de parades passives .....	17
Illustration 7 - Tableau synthétique de parades actives .....	18

## Liste des annexes

Annexe 1 : Exemples de parades contre les chutes de blocs .....	25
Annexe 2 : Fiches descriptives par zones .....	37

## Cartes hors-texte

Aléa « chutes de blocs »

Parades et zones de priorité de mise en place



# 1. Introduction

## 1.1. OBJET DE L'ETUDE

### 1.1.1. Objectif

Dans le cadre de la gestion des risques naturels pour le département de Meurthe-et-Moselle (54), la DDT 54 avait missionné le BRGM afin d'identifier, dans une dizaine de bassins de risque, les zones soumises à l'aléa chutes de blocs, à l'échelle du 1/50 000<sup>ème</sup> sur le territoire départemental (RP-56620-FR).

A partir de cette étude (RP-56620-FR), la DDT 54 a ciblé quatre communes présentant des aléas pouvant entraîner des risques non négligeables sur les bâtis et les personnes. Il s'agit des communes de Bouillonville, Joeuf, Mousson et Preny.

La DDT54 souhaite faire réaliser des études détaillées au 1/5 000<sup>ème</sup> de ce phénomène sur ces communes, suivant une démarche de type expert, avec proposition de recommandations visant à mitiger ou supprimer le risque.

### 1.1.2. Phénomène pris en compte

Les mouvements de terrains pris en compte dans cette étude comprennent les mouvements rocheux : les chutes de pierres et de blocs ainsi que les éboulements et écroulements en masse.

Ne sont pas pris en compte les phénomènes de retrait-gonflement des sols argileux liés à la sécheresse, les phénomènes de glissements circulaires, glissements plans, glissements pelliculaires, fluage, reptation et solifluxion, les affaissements, les effondrements ou les fontis liés à la présence de cavités naturelles ou anthropiques et enfin les coulées de boue. Néanmoins, au cas où la possibilité de survenance de tels phénomènes, d'ampleur exceptionnelle, serait constatée, le BRGM se doit de les mentionner à la commune et à l'administration.

La conduite du projet réside sur une démarche de type expert. Pour appréhender le risque, aucun essai de laboratoire ou *in situ* n'est prévu dans ce cadre. Aussi, le phénomène de basculement de mur par rupture du sol sous-jacent ou de la base du mur à cause de la médiocrité de ces caractéristiques mécaniques n'est également pas pris en compte. Ce domaine relève des bureaux d'études géotechniques.

## **1.2. LOCALISATION**

La zone d'étude se situe à une trentaine de kilomètre de Metz, au Nord-Est d'Homécourt, sur la commune de Joeuf.

Les escarpements sont situés :

- sur une partie de la rue de Ravenne côté Est, rue du stade dans sa partie basse (jusqu'à l'embranchement avec le stade) ;
- rue du général Mangin et une partie de la promenade des bords de l'Orne (jusqu'en face de la station d'épuration) ;
- rue de Haropé (derrière les barres d'immeubles et plus loin en direction de la station d'épuration).

## **1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE**

La commune de Joeuf est localisée sur le revers de la côte de Moselle essentiellement formée par les calcaires du Bajocien. L'incision de l'Orne dans ces calcaires a provoqué la formation de corniches qui entourent la ville de Joeuf. Un talus d'éboulis, assez développé, recouvre les versants, la plupart du temps, et masque les formations en place. L'historique des mouvements de terrain n'a pas pu être réalisé faute d'événements majeurs et marquants sur la commune.

## 2. Méthodologie sur l'aléa chutes de blocs et évaluation des secteurs à risque

L'analyse du risque lié aux chutes de blocs a procédé d'une approche de type expert. Une tentative de comparaison de la méthodologie adoptée dans ce rapport avec celles utilisées dans d'autres communes (CETE/2009-D65-132 ; BRGM/RP-56628-FR ; BRGM/RP-51706-FR) du département s'est avérée infructueuse à cause du contexte local propre à chaque commune (géologie, échelle de restitution, importance des enjeux, etc...).

Dans un premier temps, il a été procédé à l'évaluation de l'aléa chutes de blocs qui intègre les notions d'aléa de départ (croisement entre le volume des blocs mobilisables et leur prédisposition à chuter), de distances de propagation et d'énergie acquise par les blocs. Enfin, la vulnérabilité de l'enjeu est estimée à partir de sa capacité à résister à l'impact, son importance et sa fréquence d'exposition. Le croisement entre la vulnérabilité de l'enjeu et l'aléa de chutes de blocs permet d'évaluer le risque afin de hiérarchiser les secteurs nécessitant la mise en place de parades.

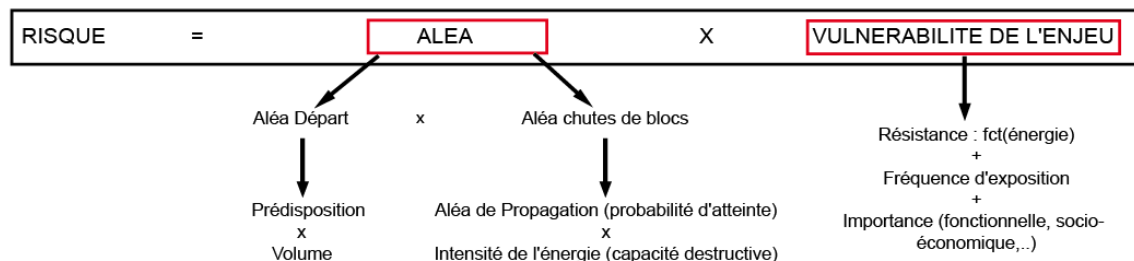


Illustration 1 - Principe d'évaluation du risque.

Remarque :

De par les nombreux paramètres régissant les chutes de blocs et les multiples situations qu'il est possible de rencontrer sur le terrain, il est difficile de définir l'aléa de façon purement déterministe. Les chutes de blocs étant des événements soudains dont l'occurrence est peu prévisible avec précision, il faut bien prendre conscience que la détermination de cet aléa est très dépendante de l'expertise de l'ingénieur géologue ou géotechnicien qui effectue l'étude.

## 2.1. EVALUATION DE L'ALEA

### 2.1.1. Evaluation de l'aléa de départ

L'aléa de départ est le croisement entre la prédisposition de l'escarpement (ou mur) à produire des blocs (activité de l'escarpement) et leur volume.

#### 1) Evaluation de la prédisposition à la production de blocs (probabilités de chutes) :

Elle s'effectue sur des critères d'observation qui sont principalement fonction de :

- l'aspect de la zone de départ (altération de la roche : dure, friable, traces d'arrachement récentes, démantèlement du mur) ;
- l'orientation des fractures qui délimitent des écailles, colonnes ou dièdres prêts à basculer, et fissuration pour les murs ;
- de la fréquence (densité) et de la puissance des fractures défavorablement orientées ;
- la profondeur du (des) sous-cavage dans les horizons fragiles (dans notre cas marneux), altérés ou plus fissurés ;
- la présence de végétation dont les racines s'insèrent dans les fractures et favorisent la dislocation voire la chute des blocs en grossissant, ou opèrent une dissolution de la roche par attaque acide (lierre).

La qualification de la prédisposition est généralement en accord avec l'observation du nombre de blocs présents dans la zone de propagation (si ces observations ont pu être faites). L'évaluation de cette prédisposition n'est représentative qu'à un moment donné. En effet, après un éboulement la falaise est temporairement purgée et stabilisée, la probabilité de nouvelles chutes dans le secteur considéré diminue donc. En revanche, une zone où la probabilité était plus faible peut passer à une plus forte probabilité après un changement du contexte local (altération prématurée de la roche, système racinaire qui se développe, etc.).

Nous avons considéré 5 niveaux de prédisposition : Très Elevée (TE), Elevée (E), Moyenne (M), Faible (F), Très Faible (TF), afin d'avoir une gamme de gradation suffisante pour intégrer au mieux les différents cas rencontrés sur le terrain.

Ces 5 classes intègrent la notion d'occurrence du phénomène. On aura donc 5 classes de délais :

- imminent (1 à quelques semaines) ;
- très court terme (quelques mois à 2 ans) ;
- court terme (2 à 20 ans) ;
- moyen terme (20 à 50 ans) ;
- long terme (50 à 100 ans), (modifié d'après CETE/2009-D65-132).

2) Volume des blocs :

Nous avons également considéré 5 classes de volumes, allant des pierres ( $\leq 1$  litre) aux très gros blocs.

Matrice de l'aléa de départ qui synthétise le croisement entre la prédisposition à produire des blocs et leur volume :

<b>Intensité (m<sup>3</sup>)</b>					
	< 0,001 (Très faible)	0,001 à 0.01 (Faible)	0,01 à 1 (Moyenne)	1 à 10 (Elevée)	> 100 (Très élevée)
<b>Prédisposition</b>					
Très faible	F	F	F	M	M
Faible	F	F	M	M	E
Moyenne	F	M	M	E	E
Elevée	M	M	E	E	E
Très élevée	M	E	E	E	E



## 2.1.2. Evaluation de l'aléa de chutes de blocs

L'aléa chutes de blocs est le croisement entre l'aléa de départ et l'énergie du bloc (capacité à détruire un enjeu) au cours de sa propagation.

### 1) Evaluation de l'aléa de propagation (probabilité d'atteinte)

La gradation de la zone de propagation se définit en fonction de la distance parcourue par les blocs et de leur répartition. Ces deux éléments se définissent selon deux méthodes :

La première méthode est une évaluation faite *in situ* par l'expert selon différents critères :

- hauteur de chute supposée des blocs ;
- inventaire et caractéristiques des blocs chutés ;
- morphologie de la zone de propagation (relevé topographique, nature géologique et possibilités de rebonds sur les différentes portions de la zone de propagation).

La seconde méthode procède de simulations trajectographiques simplifiées (logiciel BRGM : Pierre98©). Pour pallier le manque de précision du MNT disponible, sur les secteurs qui feront l'objet d'une analyse trajectographique paramétrique, un levé topographique des talus, à l'aplomb des trajectoires potentielles des blocs, a été effectué à l'aide d'un clisimètre et d'un distancemètre laser.

Un exemple de gradation de l'aléa de propagation est présenté ci-dessous :

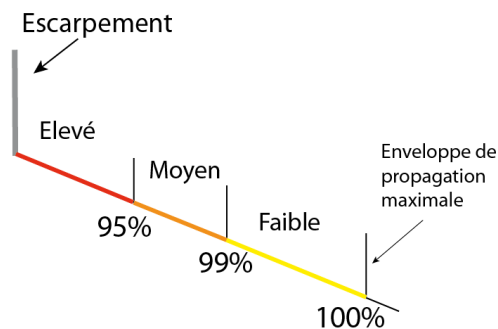


Illustration 2 - Exemple simplifié de la gradation de l'aléa de propagation.

Le pourcentage correspond à la quantité de blocs arrêtés. Les qualificatifs (Elevé, Moyen, Faible) correspondent à la gradation de l'aléa de propagation.

Remarque :

Quand les escarpements dominent des secteurs sub-horizontaux, la propagation des blocs dépend de leurs rebonds éventuels contre l'escarpement lui-même et de la nature de l'espace horizontal. Si ce dernier est plutôt « mou », les blocs seront rapidement stoppés ou s'il est rocheux et que les blocs se fragmentent en le percutant, ils n'iront pas au-delà d'une certaine distance que les logiciels de trajectographie ne savent pas calculer puisqu'il n'y a pas de pente. On bornera cette distance à la hauteur de l'escarpement.

## 2. Evaluation de l'intensité des chutes de blocs

Elle est calculée à partir du poids des blocs et de leur vitesse de propagation déterminée par le logiciel de trajectographie du BRGM (Pierre98©). L'énergie que peut développer les blocs qui chutent est divisée en trois classes :

Energie < 30 kJ	30 kJ ≤ Energie ≤ 300 kJ	Energie > 300 kJ
faible	moyenne	élevée

## 3. Evaluation de l'aléa chutes de blocs

Le croisement entre l'aléa de propagation et les niveaux d'intensité selon la matrice de seuillage suivante conduit à l'aléa chutes de blocs :

Aléa de propagation (% de blocs dans la zone)	Niveaux d'Intensité		
	Elevée (95 %)	Moyenne (4 %)	Faible (1 %)
Elevé > 300 kJ	E	E	M
300 kJ < Moyen < 30 kJ	E	M	M
Faible < 30 kJ	M	M	F



### 2.1.3. Evaluation de l'aléa final en trois classes

Enfin, pour prendre en compte la probabilité d'occurrence du phénomène, l'aléa final est obtenu en décréantant ou non, au choix de l'expert, l'aléa chutes de blocs à partir de l'aléa de départ comme le montre le schéma ci-après.

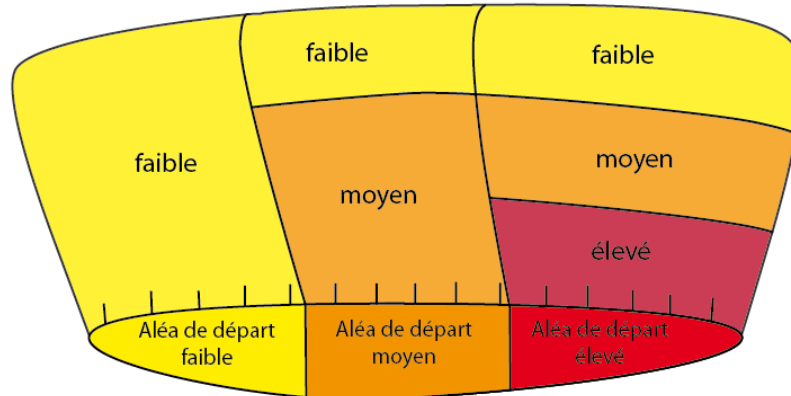


Illustration 3 - Exemple de zonage de l'aléa final en trois classes à partir de l'aléa de départ

## 2.2. EVALUATION DES ENJEUX ET VULNERABILITE

La vulnérabilité d'un enjeu caractérise sa **capacité de résistance** à un impact **d'intensité donnée**. Elle intègre également des notions d'importance (fonctionnelle, socio-économique...) et de fréquence d'exposition de l'enjeu face à l'aléa.

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux est opérée au cas par cas par l'expert selon qu'il s'agit de personnes, de bâtiments occupés ou non, de voies de communication ou de surfaces non bâties.

La vulnérabilité des enjeux est divisé de manière simplifiée en trois classes : faible, moyenne et élevée.

## 2.3. EVALUATION DU RISQUE, PRIORITE POUR LES SOLUTIONS DE CONFORTMENT

L'objectif est de mettre en évidence les principaux secteurs à risques par confrontation de l'aléa avec les enjeux afin d'établir des priorités d'intervention pour la mise en place des parades.

Le niveau de risque se détermine en croisant l'aléa chutes de blocs et la vulnérabilité des enjeux, elle-même fonction de leur taux de dommages prévisible à l'impact, de la fréquence d'exposition et de leur importance.

L'évaluation du risque peut se définir ainsi :

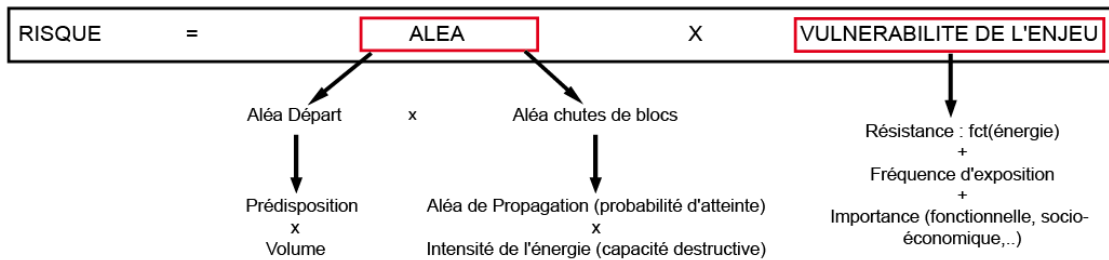


Illustration 4 - Principe d'évaluation du risque.

La priorité de la mise en place de parades suivant le niveau de risque se détermine ainsi :

Aléa \ Vulnérabilité	Vulnérabilité		
	Faible	Moyenne	Elevée
Faible	Faible priorité	Faible priorité	Moyenne priorité
Moyen	Faible priorité	Moyenne priorité	Forte priorité
Elevé	Moyenne priorité	Forte priorité	Forte priorité

Illustration 5 - Matrice pour l'établissement des zones de priorité pour la mise en place des parades

### 3. Exemple de parades préconisées dans cette étude

Une proposition de parades est donnée pour toutes les zones qui sont concernées par un aléa chutes de blocs et un enjeu. La hiérarchisation des priorités des mises en place des solutions de confortement n'est opérée que pour aider les acteurs à prendre des décisions. Une présentation rapide des types de parades préconisées dans cette étude fait l'objet des tableaux ci-après avec une distinction entre les parades dites passives qui sont utiles lorsque les phénomènes se sont déclenchés et les parades actives qui empêchent les phénomènes de se produire. Des exemples photographiques et schématiques de certaines de ces parades sont visibles en annexe 1. Dans tous les cas, le dimensionnement des parades doit être assuré par un bureau d'études spécialisés et leur mise en place confiées à des entreprises également spécialisées, le plus souvent en travaux acrobatiques. Les propositions fournies dans ce rapport ne sont qu'une aide pour aider à visualiser le type de parades à mettre en œuvre. Les choix définitifs dépendant de rapports coûts/bénéfices ne faisant pas l'objet de cette étude.

Parades passives (une fois le phénomène déclenché)			Capacité	
<b>Merlon</b>			jusqu'à 100 000 kJ	
<b>BARRIERE = ECRAN</b>	<b>FIXE / STATIQUE</b>	<b>écran à structure rigide</b>	échelle de perroquet	100 kJ pour les structures légères, jusqu'à 100 000kJ pour les écrans très massifs
			blocs bétons liaisonnés empilés	
			gabions	
			palplanches	
		<b>barrière fixe (ou écran statique) de grillage ou de filet</b>	grillage double nappe, double torsion	10 kJ
			grillage simple nappe, double torsion	
	<b>dyna</b>	<b>écran déformable (dynamique) de filet</b>	filets en cable métallique	qqs 100 kJ (classe 1 à 3 : norme NF P 95-308)
			filets métalliques type ASM	qqs 1000 kJ
		<b>écran déformable (dynamique) de filet</b>	filets en cable métallique	qqs 1000 kJ
			filets métalliques type ASM	
<b>grillage ou filet pendu</b>		grillage simple simple ou double torsion	Chute fréquente d'éléments < à quelque 100 dm <sup>3</sup> . Peut être associé avec un filet.	
		filets métalliques type ASM	Pour des blocs entre quelque 0,1 et 1 m <sup>3</sup>	
<b>Fosse de réception</b>		Variable selon les dimensions de l'ouvrage, elles mêmes dépendantes de la configuration topographique du site d'implantation (pente, hauteur du talus)		
<b>Déviateur latéral</b>		N'arrête pas les blocs mais les détourne des enjeux à protéger		

Illustration 6 - Tableau synthétique de parades passives

Parades actives (s'oppose à la manifestation du phénomène)		Capacité
<b>Purge</b>	purges douces (manuelles)	Purges d'éléments du dm <sup>3</sup> à qqs m <sup>3</sup>
	purges à l'explosif (exceptionnelle)	
<b>Reprofilage et abattage</b>		Variable, en fonction du volume rocheux instable à abattre
<b>soutènement</b>	contrefort	Dépend du volume rocheux instable
	buton en béton	
	buton métallique	
	pilier	
<b>Ancrage</b>	passif (barre scellée sur toute la longueur dans le trou de forage, plaque d'appui et écrou de serrage à l'extrémité libre), exemple : cloutage	Type d'ancrage (actif ou passif) déterminé par les essais de convenance. Masse de blocs retenus en fonction de la profondeur et du type d'ancrage
	actif (barres ou câbles scellés en fond de trou, mise en tension, réglage de la surface d'appui), exemple : tirant	
<b>Béton projeté</b>		technique de protection et non de soutien
<b>Filets et grillages plaqués</b>		Aucune capacité à supporter les éboulements de masse
<b>végétalisation</b>	Peut dans certain cas destabiliser la zone de départ et provoquer le phénomène	
<b>Drainage</b>	de surface ou profond	

*Illustration 7 - Tableau synthétique de parades actives*

## **4. Diagnostic sur l'aléa chutes de blocs et les zones de priorité pour les parades proposées**

Chaque affleurement rocheux a fait l'objet d'une analyse. Les descriptions de la zone de départ ainsi que de la zone de réception/propagation qui permettent à l'expert de statuer sur l'aléa sont présentées dans les fiches descriptives en annexe 2 de ce rapport. La cartographie en trois niveaux de l'aléa chutes de blocs pour chaque parcelle figure sur la carte d'aléa « chutes de blocs » (carte hors-texte).

Il ressort de l'analyse de cette carte qu'aucun aléa élevé n'impacte les secteurs étudiés dans la ville de Joeuf. L'aléa moyen concerne principalement la rue Haropré au niveau des immeubles des parcelles 26, 27 et 28 et le long de la rue du général Mangin. L'aléa faible concerne plus de la moitié des secteurs étudiés où le volume des blocs se rapprochent de pierres (environ 2,5 kg).

Les parades qui peuvent être mises en place sont brièvement présentées dans les fiches descriptives en annexe 1. Les parades spécifiques et adaptées à chaque secteur sont cartographiées sur la carte des « zones prioritaires pour la mise en place des parades » (carte hors-texte). Ces zones ont été définies en fonction du niveau de risque lié aux chutes de blocs..

Uniquement une partie de la rue Haropré a été mise en priorité élevée pour la mise en place des parades car l'étroitesse de la rue oblige les personnes et les véhicules à se trouver dans la zone de propagation des blocs. Bien qu'un petit bloc puisse entraîner la mort d'une personne, sa possibilité d'endommagement à l'encontre des bâtiments est faible. Les routes ne sont pas menacées d'être coupées et aucune destruction de bâtiments n'est envisagée par ce type de mouvements de terrain. Seuls, les véhicules et les personnes peuvent être impactés. La mise en place d'un écran à structure rigide comme la surélévation du muret déjà existant permettrait de supprimer le risque au niveau de cette rue. Une attention particulière est apportée au destinataire de cette étude sur la mise en place d'un grillage plaqué sur un affleurement caché le long du talus très pentu au niveau de l'immeuble de la parcelle 28.

Un tiers du secteur étudié est classé en priorité moyenne. Il s'agit de la rue du Général Mougins qui est assez fréquentée par les personnes qui se promènent et du parking de la Salle Pierre Parachini où des pierres/petits blocs peuvent atteindre les enjeux.

Les zones de priorité faible sont soit localisées dans les secteurs peu fréquentés par la population car la route est suffisamment éloignée de la zone de production ou soit localisée dans des zones où l'aléa « chutes de blocs » est indiqué comme faible.



## 5. Conclusion

La Direction Départementale des Territoires (DDT) de Meurthe-et-Moselle a missionné le BRGM pour évaluer l'aléa lié aux chutes de blocs et proposer des parades pour réduire le risque induit par ce phénomène sur les enjeux de la commune de Joeuf. Ce travail a été effectué suivant une démarche de type expert à l'échelle du 1/5000<sup>ème</sup>, avec propositions de recommandation visant à diminuer le risque.

Pour chaque secteur concerné par un aléa « chutes de blocs » est proposée une solution de confortement afin de réduire ou supprimer le risque. En outre, afin de faciliter les choix des décisionnaires, il est opéré une identification des principaux secteurs à risque avec classement des priorités d'intervention selon trois niveaux.

La commune de Joeuf présente des zones d'aléa « chutes de blocs » faible à moyen. Les secteurs aléa fort sont absents sur la partie étudiée de la commune.

Les secteurs où il est fortement recommandé de mettre en place des parades, concernent la rue Haropré. En effet, un affleurement isolé dans le talus d'éboulis devra faire l'objet d'une protection par un grillage plaqué afin d'éviter le départ des blocs qui pourraient dévaler le talus et impacter les voitures et personnes présentes sur la route. De même pour l'affleurement accolé à la route qui est source de départs de blocs qui impactent la rue et les voitures qui stationnent en bordure.

Lors de la prise en compte du risque chutes de blocs dans les demandes d'autorisations d'urbanisme, la mise en place soit des parades liées à l'aléa de départ soit de celles liées à l'aléa de propagation seront exigées par les services de l'état.





## 6. Bibliographie

**Berger F., Dorren L.** (2007). Module 4 : Comparaison objective de modèles de simulations trajectographiques en utilisant des données d'expérimentations grandeur nature. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Berger F., Dorren L.** (2007). Module 7 : Résultats d'expériences grandeur nature de lâchers de blocs en forêt et développement de Rockfor<sup>NET</sup> : un nouvel outil de quantification de l'aléa résiduel probable à l'aval d'une pente boisée. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**BRGM** (2008). Aléa chutes de blocs sur le territoire départemental de Meurthe et Moselle (54), Etat des connaissances et cartographie au 1/50 000. Rapport RP-56628-FR.

**BRGM** (2009). Vion (73), Hiérarchisation des risques d'éboulement et des travaux de sécurisation dans le quartier du Bovéron, Avis du BRGM. Rapport RP-57573-FR.

**BRGM** (2010). Chutes de blocs au droit de la falaise de la rue Paul Langevin sur la commune de Lamballe(22), Avis du BRGM. Rapport RP-58113-FR.

**BRGM** (2010). Observations effectuées suite à des chutes de blocs à Condes (52). Rapport RP-58702-FR.

**Bourrier F.** (2008). Modélisation de l'impact d'un bloc rocheux sur un terrain naturel, application à la trajectographie des chutes de blocs. Rapport de thèse (Doctorat) de l'Institut Polytechnique de Grenoble.

**COLLECTIF.** Le risque mouvements de terrain en Provence-alpes-côte d'Azur. Document coédité par le BRGM, la Région et le DREAL PACA.

**Corominas J.** (2007). Module 3 : Caracterización del peligro : rotura, volumen y frecuencia. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Crosta G., Agliardi F.** (2007). Module 5 : Valutazione della pericolosità da crollo : probabilità, intensità, incertezza dei modelli, definizione di scenari. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Desvarreux P.** (2007). Module 6 : Problèmes posés par le zonage. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Dorren L., Jaboyedoff M. & Voyat I.** (2007). Module 2 : Identification des zones instables : échelles et outils (SIG, LIDAR, observations naturelles), auscultation. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Falcetta J-L.** (1985). Etude cinématique et dynamique de chutes de blocs rocheux. Rapport de thèse (Doctorat) de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon

**Hoek E.** (2007). Rock engineering - Course notes. <http://www.rocscience.com>.

**Labiouse V.** (2007). Module 4 : Etudes de propagation. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**Labiouse V., Jaboyedoff M.** (2007). Module 6 : Considérations sur le zonage en Suisse. Université Européenne d'Eté sur les risques naturels : Eboulements, chutes de blocs.

**LCPC** (2004) COLLECTION ENVIRONNEMENT. Les risques naturels. Guide technique. Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux, ISSN 1151-1516, 88 p.

**Martin R. (BRGM), Florentin J. (ASGA), Bour R. (LRPC), Bouneaud M. (DDE 54)** (2002) Guide méthodologique pour la cartographie de l'aléa mouvement de terrain sur les communes de la Communauté Urbaine du Grand Nancy". Rapport BRGM/RP-51706-FR, 49 p., 7 fig., 1 an.

**MATE** (1999). Plans de prévention des risques naturels (PPR), Risques de mouvements de terrain, guide méthodologique. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement. Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement. Paris : La documentation française.

Site internet :

Base de Données Mouvements de Terrains ([www.bdmvt.net](http://www.bdmvt.net))

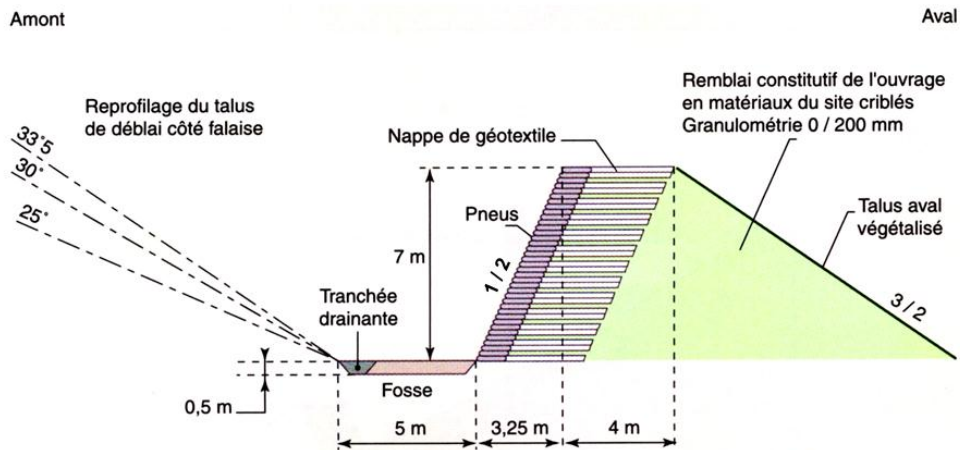
## **Annexe 1 :**

### **Exemples de parades contre les chutes de blocs**



## Merlon

### > Description



## Merlon

### > Description



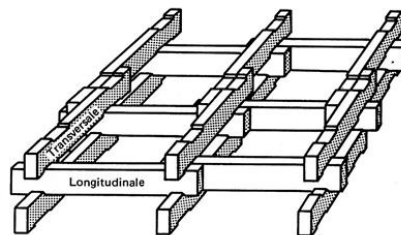
# Écran à structure rigide

## > Description

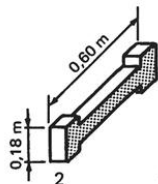


# Écran à structure rigide

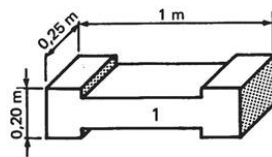
## > Description



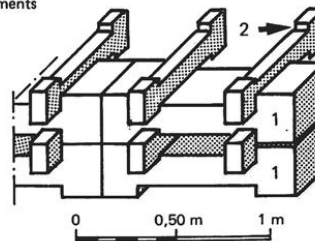
Croquis des éléments



Queue d'ancrage 17 kg



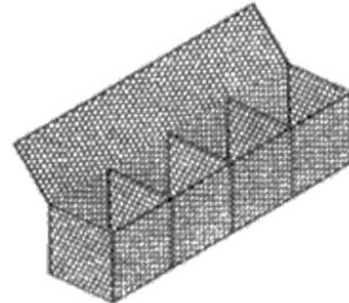
Bipode 113 kg



## Écran à structure rigide

### GABIONS

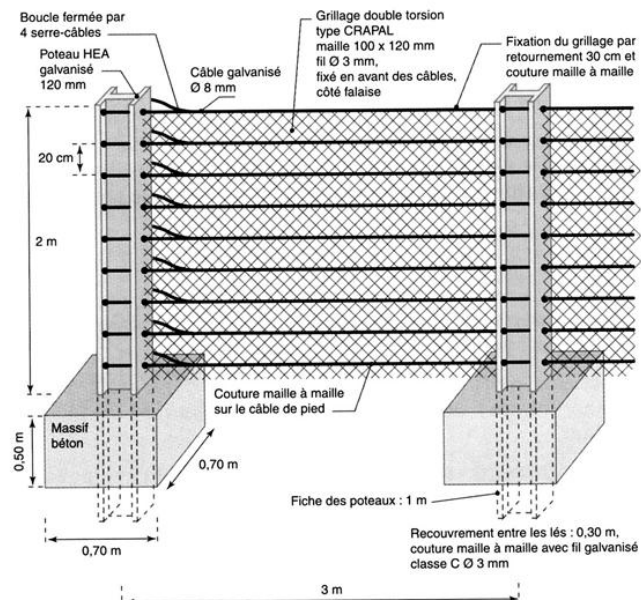
#### > Description



(également utilisables en soutènement -glissements)

## Barrière fixe de grillage ou de filet

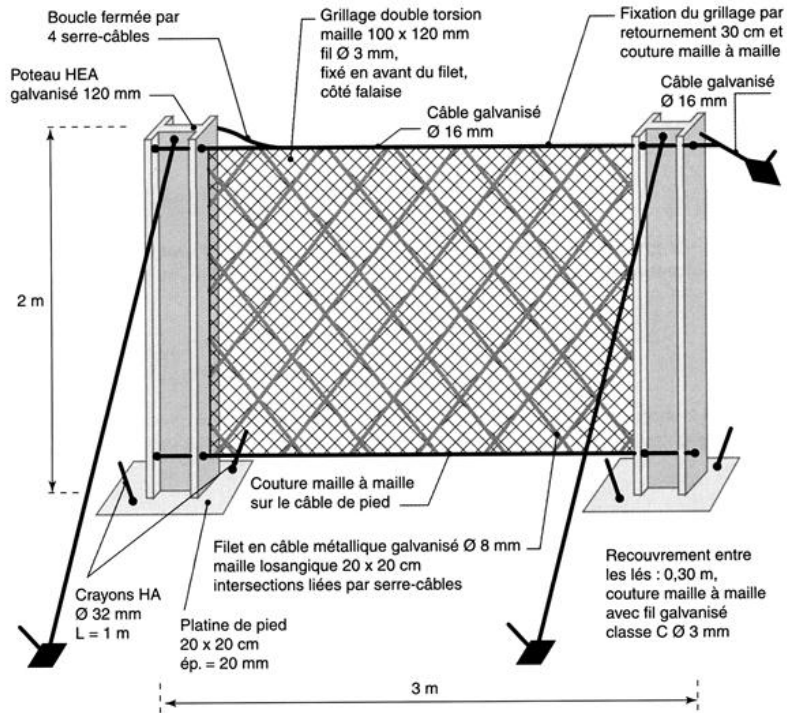
#### > Description (écran statique grillagé)



ARN/RMVT Formation Risques Naturels

# Barrière fixe de grillage ou de filet

## > Description (écran statique de filet)



## Écran déformable de filet

### > Description





## Écran déformable de filet

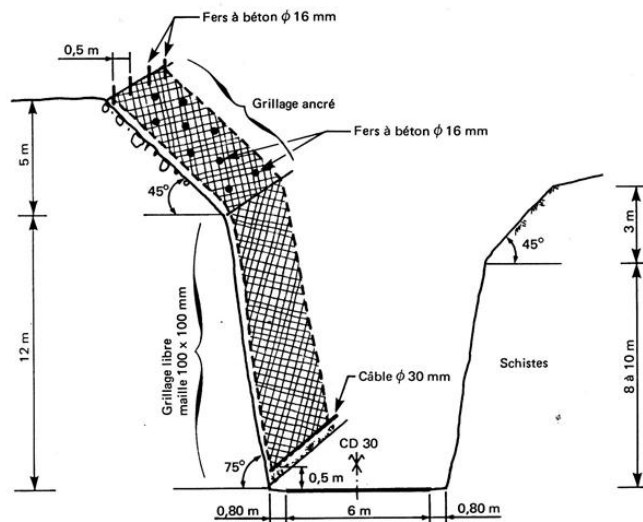
### > Norme NF P 95-308

Tableau 1 : Classification des écrans de filets

	Classe									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Écran	Qualification									
	Hauteur utile minimale (m)	1,50	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	3,50	4,00	5,00
	Dimension minimale du bandeau (m)	0,40	0,40	0,40	0,60	0,60	0,70	0,80	0,80	1,00
	Longueur maximale d'un module fonctionnel (m)	10	10	10	10	10	10	10	15	20
	Capacité nominale (kJ)	12,5	50	200	500	1 000	1 500	2 000	3 000	5 000
Impact type	Masse M (1 000 kg)	0,25	0,5	1	2	3	4	5	7	10
	Diamètre d'une sphère équivalente de masse M et de masse volumique égale à 2 500 kg/m <sup>3</sup> (m)	0,58	0,73	0,91	1,15	1,32	1,45	1,56	1,66	1,97
	Vitesse de translation minimale (m/s)	10,0	14,2	20,0	22,4	25,9	27,4	28,3	29,3	31,7

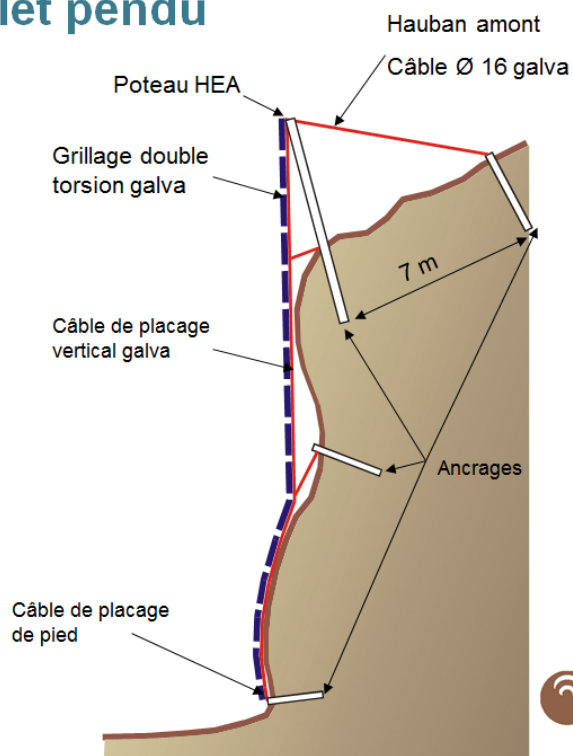
## Grillage ou filet pendu

### > Description



## Grillage ou filet pendu

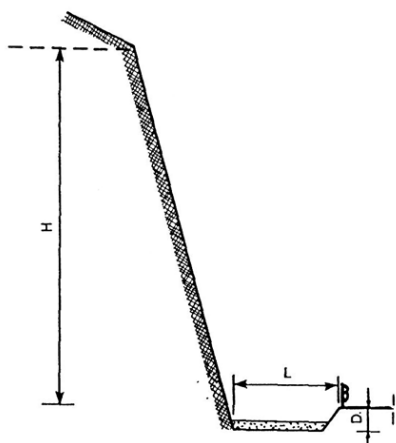
### > Description



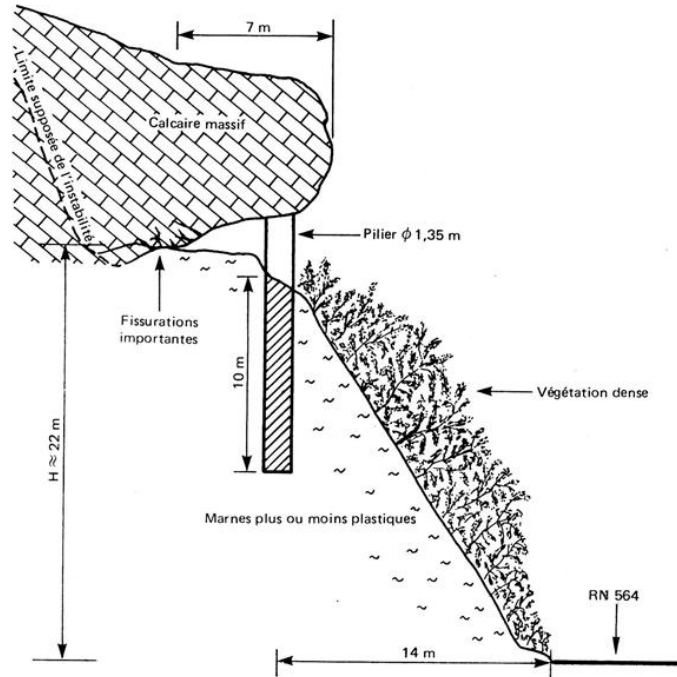
BRGM/67 - Études de Génie Mécanique

## Fosse de réception

### > Domaine d'utilisation

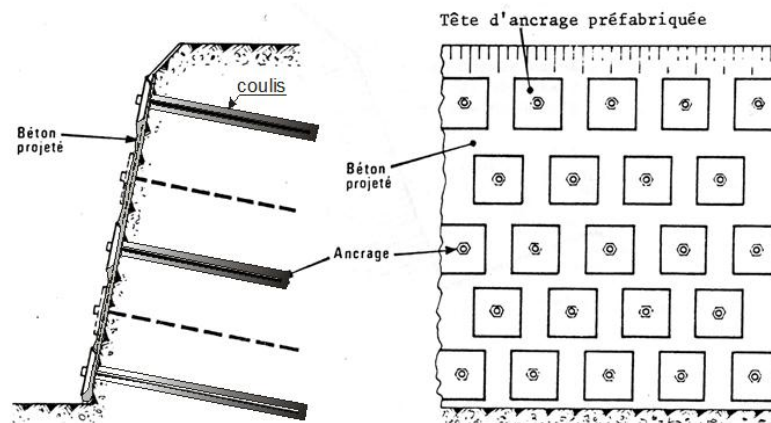


## Soutènement



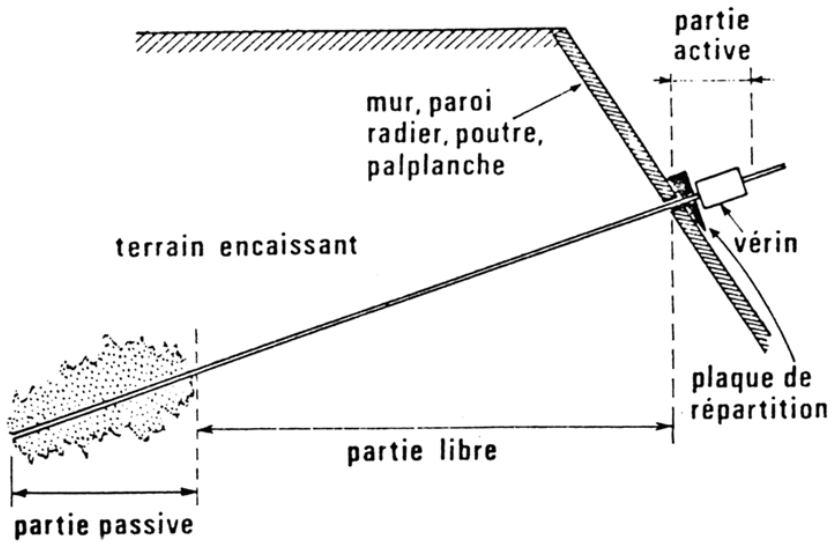
## Ancrage

### > Description (tirant passif)

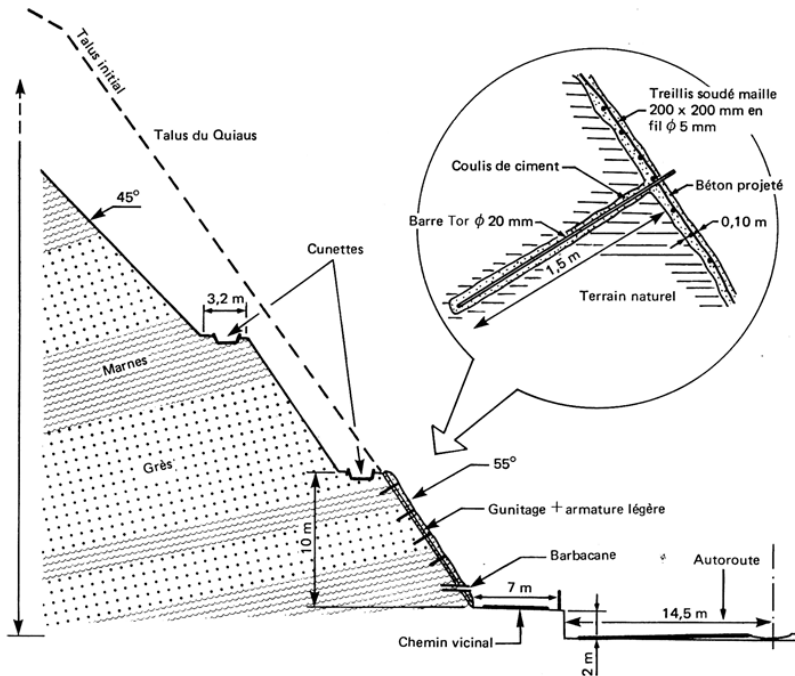


# Ancrage

## > Description (tirant actif)



# Béton projeté

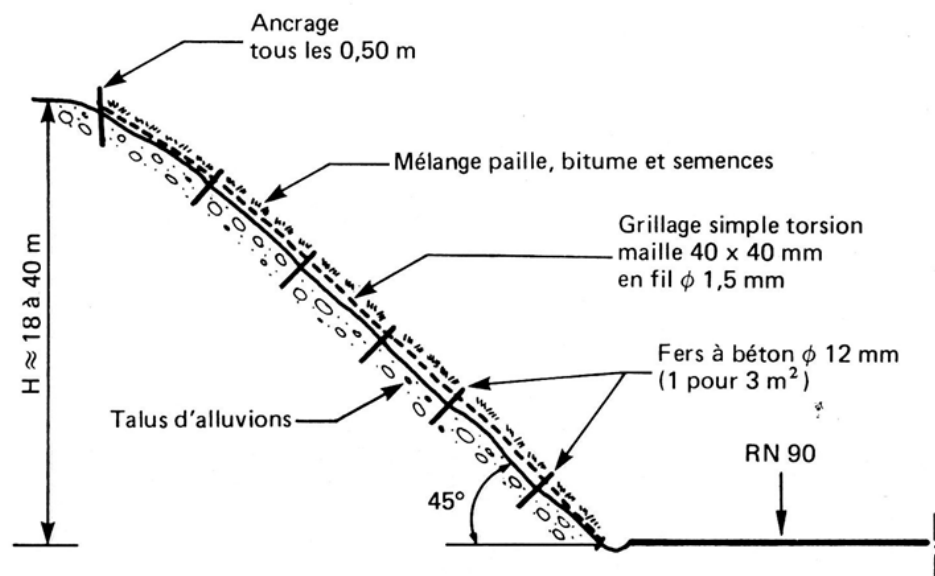


## Filets et grillages plaqués

### > Description



## Végétalisation





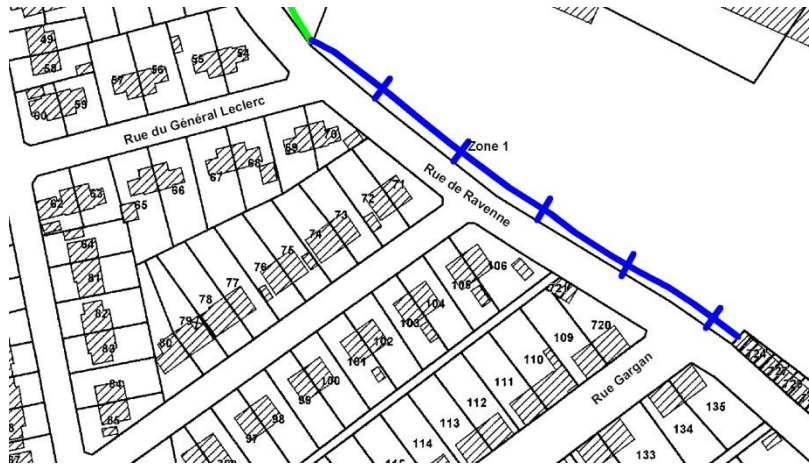
## **Annexe 2 :**

# **Fiches descriptives par zones**





## Aléa de départ : Zone 1



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** H = 3 à 12 m / L<sub>tot</sub> = 200 m.

### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

- Au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan (coté Sud-Est) : L'affleurement se situe dans les calcaires du Bajocien supérieur avec des hauteurs pouvant atteindre 12 m (photos 3). Les observations sont difficiles à cause de la végétation (lierre). Présence de sous-cavages et de fractures verticales subparallèles à l'affleurement (photo 1). Le massif se délite selon la stratigraphie en amont pendage d'environ 5 à 10°.
- Au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et du Général Leclerc (coté Nord-Ouest) : l'affleurement n'est que partiellement visible. Les parties visibles font 1 m de hauteur sur 1,8 m de largeur. Présence de quelques sous-cavages (photo 4), massif démantelé (débit en rognons). La fracturation n'est pas très marquée et se fait de façon parallèle à la route et au front de l'escarpement (N160 88W et N108 88E) (photo 5).

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** entre 0,001 et 0,6 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** dans les parties surplombant les sous-cavages.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque (rognons, parallélépipèdes). Aptitude à la fragmentation lors de l'impact, notamment pour la partie affleurant au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan.

### **Végétation :**

Au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan, l'affleurement est recouvert de lierre et d'herbe ; au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et du Général Leclerc, l'affleurement est recouvert d'herbe. Présence d'arbres et de buisson.



**Photo 1 : Affleurement au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan.**



**Photo 2 : Affleurement au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan.**



**Photo 3 : Affleurement au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan.**



**Photo 4 : Bloc instable de 0,6 m<sup>3</sup> au niveau de l'intersection entre les rues de Ravenne et du Général Leclerc.**



**Photo 5 : Vue de l'affleurement au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et du Général Leclerc.**



**Photo 6 : Vue de l'enjeu (au niveau de la rue Gargan).**

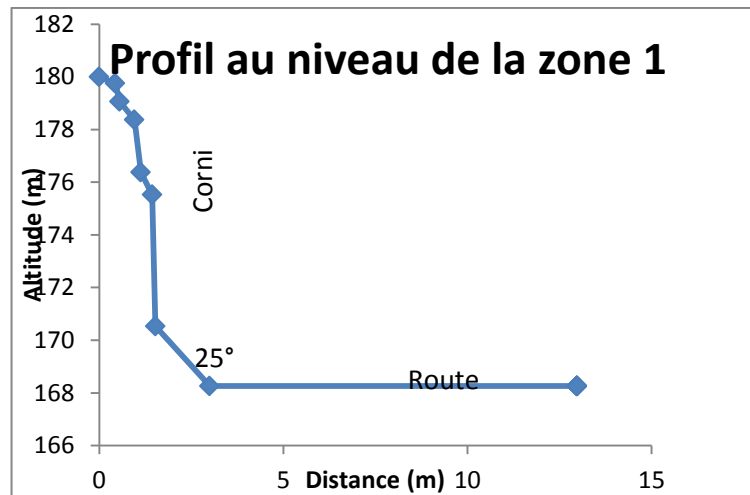


**Photo 7 : Vue de l'enjeu (au niveau de la rue du Général Leclerc).**

## Aléa de propagation : Zone 1

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

Profil côté rue de Gargan (photos 3) :



Vers la rue Ravenne la hauteur et la pente de la corniche diminue progressivement (photo 6).

### Géologie de la zone de propagation :

Eboulis.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

Au niveau de l'intersection des rues de Ravenne et Gargan, on dénombre une vingtaine de blocs d'un volume compris entre 0,04 et 0,1 m<sup>3</sup> et la zone de propagation va jusqu'à la route (photo 7).

### Enjeux :

**Type de bâtiments/route** : route.

**Distance enjeux/zone de départ** : entre 3 et 5 m (rue du Général Leclerc).

## **Parades :**

Dévégétalisation et purge des blocs instables.

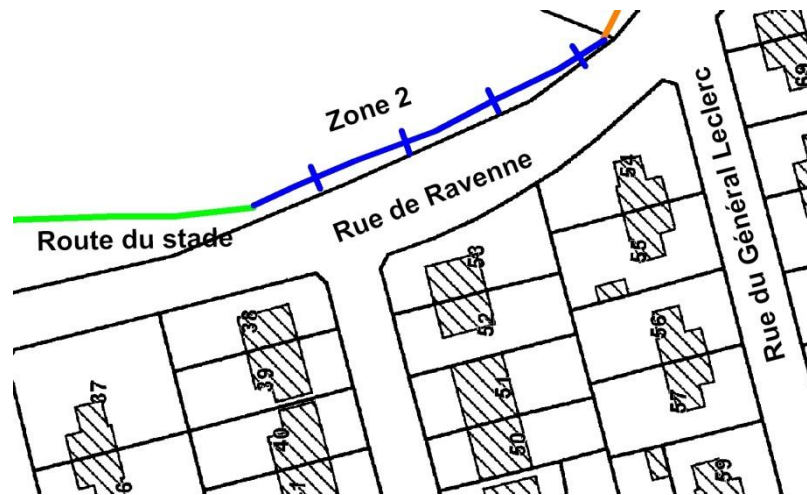
Côté rue Gargan où la corniche est la plus haute (10 à 12 m) : mise en place d'un grillage pendu lesté à la base sur 30 m de long et 12 m de haut.

Côté rue Ravenne : Purge du bloc de 0,6 m<sup>3</sup> (photo 4) puis suivant la fréquence annuelle de chutes de pierres ou de petits blocs (< 0,1 m<sup>3</sup>) mise en place d'un grillage plaqué à maille double torsion sur 10 à 20 m de long.

Entre les deux routes : creusement d'une fosse de réception sur 60 à 80 m de long ou mise en place de grillage plaqué à maille double torsion lorsqu'il n'y a pas la place pour la fosse de réception (côté Est).



## Aléa de départ : Zone 2



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** hauteur supposée à 8 m maximum (l'affleurement n'apparaît que par intermittence, photo 1). L = 41 m.

### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

Le massif de calcaires bajocien se délite selon la stratigraphie. On a également une zone sous cavée (photo 2).

La fracturation se fait de façon chaotique. On observe des fractures ouvertes d'orientation N36 90 et des fractures fermées, d'orientation N118 70S (photo 3).

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** 0,1 m<sup>3</sup> en moyenne, 0,2 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** au niveau des fractures, sinon un peu partout sur l'affleurement.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque. L'état avancé de l'altération les rend susceptibles de se fragmenter lors de l'impact.

### **Végétation :**

Lierre, herbe, arbres.



**Photo 8 : Vue représentative d'une partie de l'affleurement.**



**Photo 2 : Zoom sur un sous cavage de 30 cm de profondeur.**



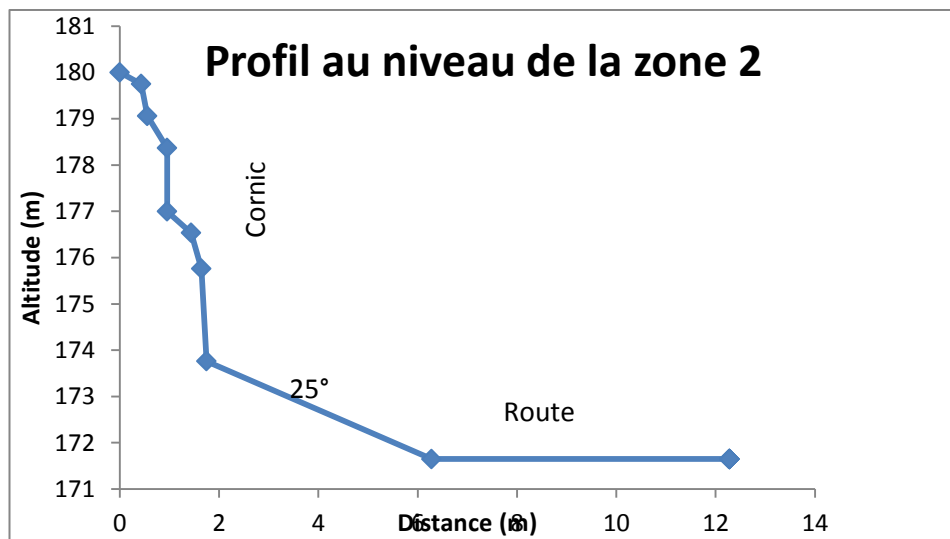
**Photo 3 : Zoom sur un bloc désolidarisé de 0,2 m<sup>3</sup> par une fracture ouverte.**



## Aléa de propagation : Zone 2

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

En pied d'affleurement, on a une pente de 25° sur 5 m puis la route (rue de Ravenne) (photo 1).



### Géologie de la zone de propagation :

Eboulis.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

On observe une vingtaine de blocs (maximum 0,1 m<sup>3</sup>) chutés jusqu'à la route. Leur forme est à 90% parallélépipédique.

### Enjeux :

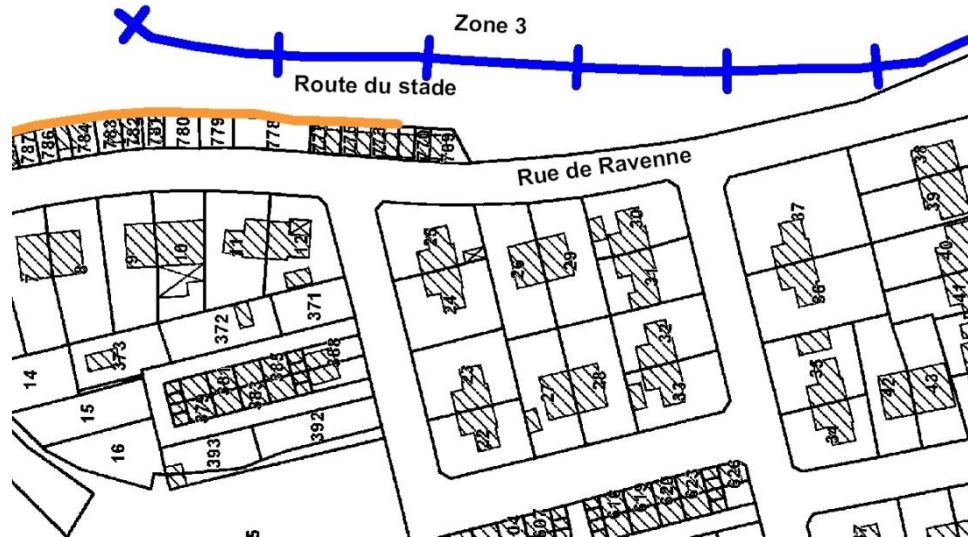
**Type de bâtiments/route** : route.

**Distance enjeux/zone de départ** : 5 m.

## **Parades :**

Les simulations trajectographiques réalisées avec le logiciel Pierre98 donne des énergies attendues en bord de route, soit à 6 m de l'affleurement de l'ordre de 2 à 22 kJ pour des blocs ayant un volume maximal de 0,2 m<sup>3</sup>. En complément d'une purge des blocs instables et d'une dévégétalisation, on préconisera la mise en place d'un grillage plaqué à maille double torsion.

## Aléa de départ : Zone 3



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** H = 5 m / L<sub>tot</sub> = 170 m mais l'affleurement n'est visible que par intermittence.

**Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :** Les calcaires du Bajocien alternent avec des bancs marneux. La stratigraphie est horizontale, (photo 1). Le démantèlement se fait selon la stratigraphie et les blocs se détachent en rognons. On observe des sous-cavages de 20 à 30 cm entre les bancs calcaires (photo 2 et 3).

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** de 0,001 à 0,009 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** partout.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque.

### **Végétation :**

Mousse, arbres.



**Photo 9 : Vue représentative d'une partie de l'affleurement.**



**Photo 10 : Zoom sur des blocs instables.**





**Photo 3 : Aspect en rognons des blocs de calcaire avec formation de sous-cavages dans les horizons marneux.**



**Photo 4 : Grillage plaqué (faible module, fil fin).**

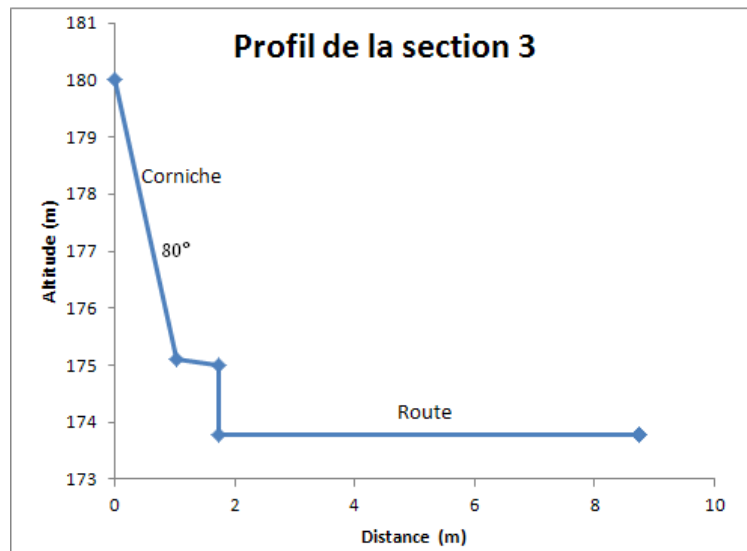


**Photo 5 : Pierres chutées.**

## Aléa de propagation : Zone 3

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

En pied d'affleurement, on a généralement un replat de 0,7 m puis un muret de 1,5 m de hauteur en bordure de route (photo 1).



### Géologie de la zone de propagation :

Sur le replat, éboulis.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

Le nombre observable de blocs chutés est indéterminable d'une part, parce qu'un grillage plaqué (faible module, fil fin) a été mis en place sur une partie de l'affleurement (photo 4) et d'autre part parce que les blocs qui atteignent la route sont certainement évacués immédiatement. Ils sont de forme variable et font jusqu'à 0,002 m<sup>3</sup>.

### Enjeux :

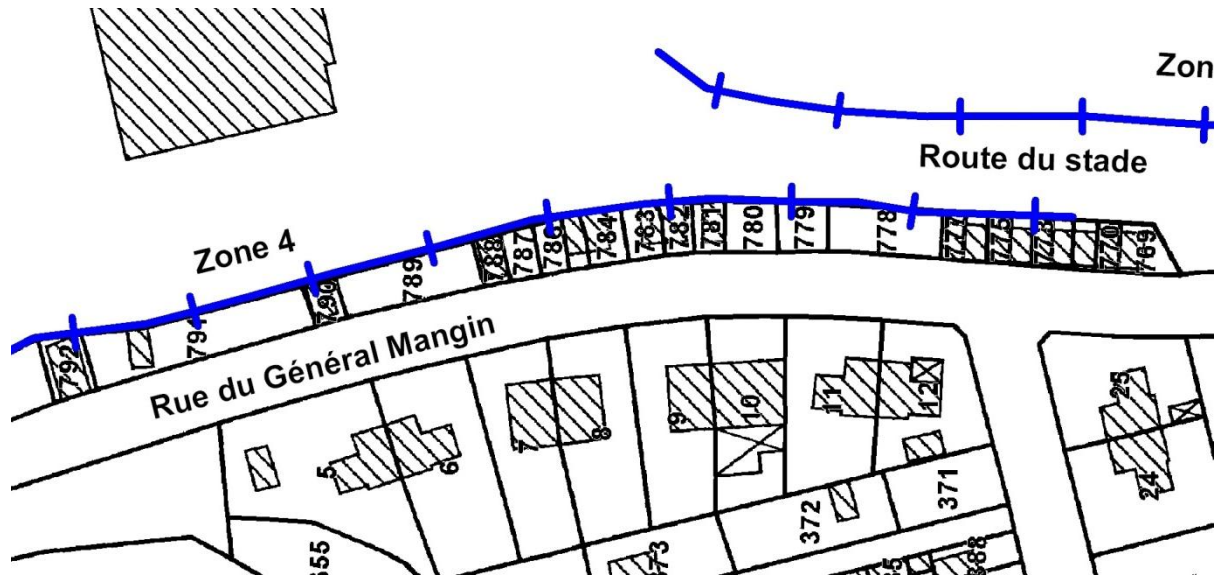
**Type de bâtiments/route** : route.

**Distance enjeux/zone de départ** : immédiat.

## **Parades :**

Du grillage plaqué (faible module, fil fin inférieur à 2 mm) a déjà été posé sur une partie de l'affleurement le long de la route (photo 5), mais il est partiellement en mauvais état. Il convient donc de le remplacer localement par du grillage plaqué (maille 60x80, double torsion, fil galvanisé Ø 2,2 mm au minimum).

## Aléa de départ : Zone 4



### Zone de départ :

**Hauteur /largeur (m) :** H = 3 à 11 m / L<sub>tot</sub> = 190 m.

### Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :

- Au niveau des parcelles 792 et 791 : corniche d'une hauteur de 11 m (photo 1). Nombreux sous-cavages (jusqu'à 1 m de profondeur sur 2 m de longueur) (photo 2), une fracturation subverticale d'orientation N170 affectant un banc à la fois, et avec une densité moyenne de 2/m.
- Au niveau de la parcelle 791 (ancien terrain de pétanque) : affleurement d'une hauteur de 5 m avec des sous-cavages d'une profondeur de 0,5 m en général. La partie haute (entre 5 et 8 m de hauteur) est fracturée.
- Au niveau des parcelles 790 et 789 : hauteur d'affleurement de 4 à 5 m. Des sous-cavages d'une profondeur maximale de 0,5 m (photo 4).
- Au niveau des parcelles 788 à 769 (rangée de garages) : mur de 4,3 m de hauteur et 1,5 à 10 m d'affleurement. On observe des sous-cavages de 0,2 à 1 m de profondeur (photo 5). Le massif se démantèle en petits blocs (photo 6), notamment sur la partie haute. La fracturation suit une orientation N120 et affecte plusieurs bancs à la fois. Elle a une densité de 1 à 2/m.

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille** : entre 0,001 et 0,2 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber** : un peu partout.

**Géométrie/forme des blocs** : quelconque. Aptitude à la fragmentation lors de l'impact.

### **Végétation :**

Arbres, lierre, mousse, ...



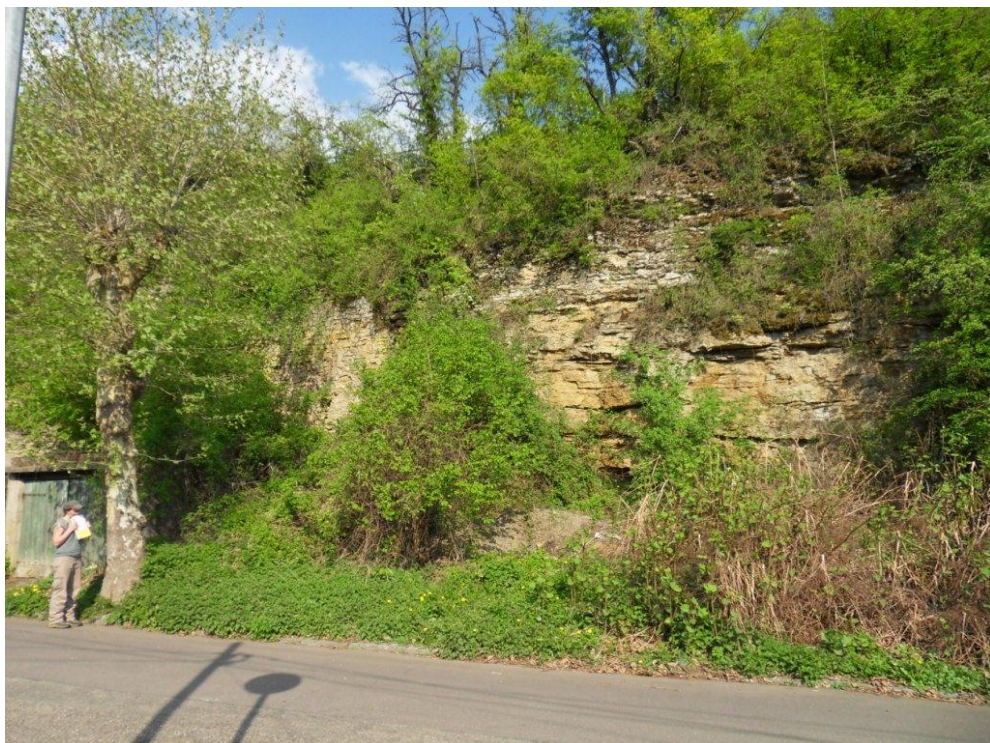
**Photo 1 : Corniche de 11 m de haut.**



**Photo 2 : Sous-cavage en base d'escarpement.**



**Photo 3 : Zone fracturée dans la partie supérieure de l'escarpement (entre 5 et 8 m de hauteur) derrière le terrain de pétanque.**



**Photo 4 : Sous-cavages qui mettent des horizons calcaires en surplomb.**





**Photo 5 : Sous-cavages.**



**Photo 6 : Vue de l'état de démantèlement de la corniche.**



**Photo 7 : Bloc tombé de 0,04 m<sup>3</sup> sur le toit du garage parcelle 790.**

## Aléa de propagation : Zone 4

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

- Au niveau des parcelles 792 et 791 : affleurement qui peut atteindre 11 m de haut puis replat de 10 m.
- Au niveau de la parcelle 791 : affleurement qui peut atteindre 11 m de haut puis replat de 10 m avant d'atteindre la route.
- Au niveau des parcelles 790 et 789 (ancien terrain de pétanque) : affleurement qui peut atteindre 5 m de haut puis replat de 5 m.

Au niveau des parcelles 788 à 769 (rangée de garages) : affleurement collé au mur des garages (côté 788) ou 1 à 5 mètres derrière le mur des garages (côté 769).

### Géologie de la zone de propagation :

Remblai au niveau des parcelles 791 et 789.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

On observe des blocs sur les toits des garages. Le bloc de la photo 7 (0,04 m<sup>3</sup>) a chuté en 2006/2007 et a endommagé (sans perforer) le béton armé du toit et du coin du garage (dires du propriétaire).

Selon les dires d'un riverain, une partie du mur soutenant le talus se serait effondrée sur les garages en 1973 et en aurait détruit un totalement. Le phénomène de basculement des murs n'est pas étudié ici et relève d'une étude géotechnique spécifique qui sort du cadre du cahier des charges de la convention.

### Enjeux :

**Type de bâtiments/route** : garages, jeu de pétanque.

**Distance enjeux/zone de départ** : immédiat.

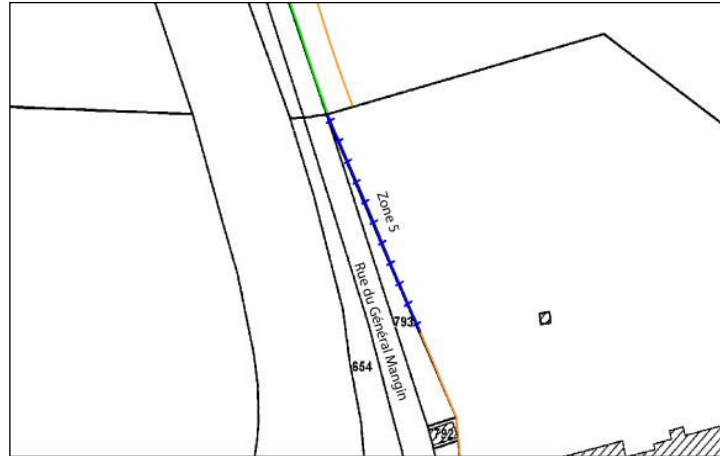
## **Parades :**

Un bloc de  $0,04 \text{ m}^3$  qui chute de 10 m développe une énergie de 9 kJ : auquel cas les toits en béton des garages ne craignent pas d'être percé.

Sur tout le long du linéaire, il est conseillé de dévégétaliser, d'effectuer une purge manuelle des blocs instables et de conforter les portions du mur en maçonnerie initialement construit par les anciens pour parer les chutes de blocs.

La pose d'une nappe de grillage pendu, avec câble de fermeture en pied, en face du terrain de pétanque (actuellement à l'abandon), permettrait de contenir les blocs en pied d'affleurement.

## Aléa de départ : Zone 5



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** H = 1,5 à 8 m / L<sub>tot</sub> = 77 m.

### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

La zone 5 se situe dans le prolongement de la zone 4, dans la rue de Général Mangin, jusqu'aux escaliers montant au complexe sportif.

On se situe dans les bancs à calcaires détritiques et à polypiers du Bajocien. L'affleurement n'est pas visible tout le long de la zone.

Nombreux sous-cavages, dont la profondeur varie entre 0,5 et 1 m de profondeur pour une hauteur maximale de 2,5 m de (photos 2, 3, 4 et 5).

L'affleurement est moyennement altéré et le démantèlement se fait selon la stratigraphie. Il est également affecté d'un réseau de fractures subverticales (photo 5) d'orientations N8, N15, N40 et N159. La fracturation n'affecte qu'un banc à la fois avec une densité de 1 à 2/m.

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** entre 0,01 et 0,6 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** un peu partout.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque.

**Végétation :**

Arbres, lierre, mousse, ...



**Photo 11 : Vue d'une partie de l'affleurement.**



**Photo 12 : Bloc instable.**



**Photo 13 : Sous cavage.**



**Photo 14 : Sous cavage.**



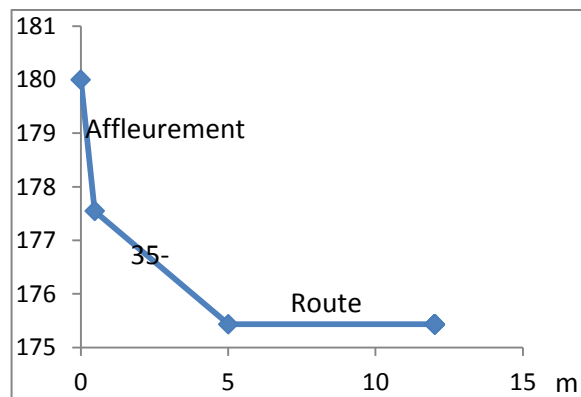
**Photo 15 : Fracturation et blocs instables.**



## Aléa de propagation : Zone 5

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

Partie nord : En pied de corniche, une pente de 35 à 45° sur 5 à 13 m de longueur puis la route.



Partie sud : replat de 3 à 8 mètres avant de la route.

### Géologie de la zone de propagation :

Eboulis.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

On n'observe pas de blocs chutés sur la route (ils sont évacués immédiatement).

### Enjeux :

**Type de bâtiments/route** : route et escalier qui relie la route en bas au complexe sportif en haut.

**Distance enjeux/zone de départ** : 8 à 13 m.

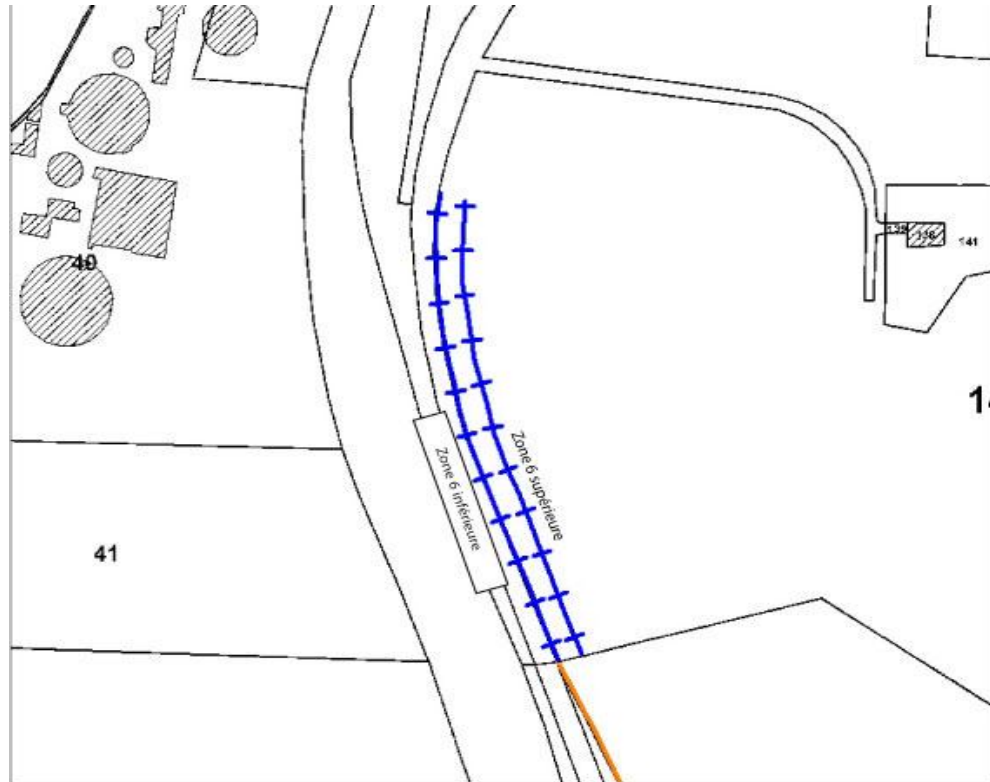
## Parades :

Les essais trajectographiques réalisés avec Pierre98 donnent, pour un bloc d'un volume de 0,6 m<sup>3</sup> une énergie de 20 kJ à 6 m de l'affleurement, soit en pied de talus.

Dans la partie sud, il y a la place de construire un merlon de 1,5 m de haut.

Dans la partie nord, les énergies développées par les masses chutées étant supérieures à 10 kJ, il est conseillé de placer une barrière fixe grillagée double nappe à maille double torsion de 1,5 m de haut (ou une structure rigide légère type mur béton de 1,5 m de haut). La barrière fixe devra longer la partie Est des escaliers afin de protéger les personnes qui l'empruntent.

## Aléa de départ : Zone 6



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** H = 0,5 à 3 m / L<sub>tot</sub> = 171 m.

### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

On se situe dans les bancs de calcaires détritiques et à polypiers du Bajocien. L'affleurement n'est pas visible tout le long de la zone. Présence d'une double corniche (photo 1 et 2). Dans la mesure où les deux corniches se situent dans les mêmes niveaux géologiques et présentent les mêmes caractéristiques, les remarques qui vont suivre seront applicables aux deux niveaux d'affleurement.

On observe un léger pendage de la stratification dans le sens de la pente.

Nombreux sous-cavages (photo 3, 4 et 6), notamment pour l'affleurement supérieur qui est beaucoup plus épais. Leur profondeur varie entre 0,4 et 1 m.

La fracturation (subverticale) (photo 5 et 6) prend différentes orientations, dont les principales sont : N40, N120, N95. Les fractures observées sont souvent parallèles à l’affleurement et ouvertes sur 5 à 10 cm. La densité de fracturation varie entre 1/0,5 m et 4/m.

### **«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** entre 0,006 et 0,08 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** un peu partout.

**Géométrie/forme des blocs :** parallélépipédique, en dalles.

### **Végétation :**

Arbres, lierre, mousse, ...



**Photo 16 : Vue du niveau inférieur de l'affleurement.**



**Photo 17 : Vue du le niveau supérieur de l'affleurement.**



**Photo 18 : Détail d'un sous cavage (corniche supérieure).**



**Photo 19 : Sous cavage et bloc susceptible de glisser (corniche supérieure).**



**Photo 20 : Fracture ouverte (corniche supérieure).**



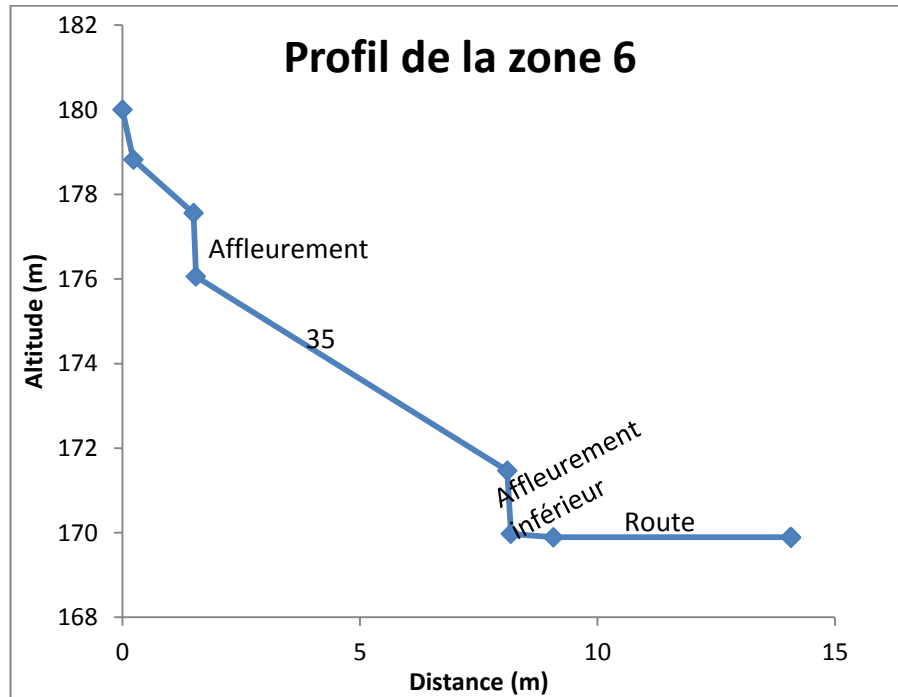
**Photo 21 : Sous cavage et blocs instables désolidarisés par des fractures (corniche supérieure).**





## Aléa de propagation : Zone 6

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :



### Géologie de la zone de propagation :

Eboulis végétalisé.

### Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :

On n'observe pas de blocs chutés.

### Enjeux :

**Type de bâtiments/route** : route

**Distance enjeux/zone de départ** : immédiat.

## **Parades :**

Les essais trajectographiques (Pierre98) indiquent une énergie attendue en bord de route de 32 kJ, dans le cas d'un bloc de 0,6 m<sup>3</sup> partant de la corniche supérieure (soit une distance parcourue de 9 m).

En plus de la purge des éléments instables (photo 6), prévoir la mise en place d'une barrière pare-pierres de 50 kJ de 1,5 mètres de haut (barrière fixe grillagée, double nappe, à maille double torsion).

Un grillage plaqué sur la corniche inférieure, et au droit des escaliers qui montent vers le complexe sportif, peut être installé.

Sinon, purge et mise en place de grillage plaqué sur la corniche supérieure lorsqu'elle affleure.

## Aléa de départ : Zone 7



### **Zone de départ :**

#### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

On se trouve ici dans les calcaires du Bajocien. Dans cette zone, on est plus en situation de glissement de blocs le long du talus d'éboulis avec quelques rares parties visibles d'affleurement.

- Parcelles 23-24 : ici l'affleurement est fortement altéré (photo 1). Il n'est que partiellement visible car souvent recouvert d'éboulis pris dans une matrice sableuse (photo 2). Ces matériaux proviennent de l'affleurement partiellement démantelé.
- Parcelle 32 : on ne voit pas l'affleurement en place car il est recouvert par des éboulis. La zone génératrice de blocs est due au talutage anthropique (photo 4).
- Parcelles 35-36 : on a ici la même situation que pour la parcelle 32 (photos 5).

- Parcelles 7-8 : talus de 3 m de hauteur derrière les habitations (photos 6 et 7).
- Parcelle 20-21 : ici, l’affleurement n’est pas visible à cause de la végétation (photo 8).

### «Blocs» dans la zone de départ :

**Volume/taille** : Pour les parcelles où l’observation peut être réalisée, le volume maximal des blocs est de 0,01 m<sup>3</sup> (25 kg).

**Localisation des blocs susceptibles de tomber** : partout.

**Géométrie/forme des blocs** : quelconque.

### Végétation :

Arbres.



Photo 22 : Vue de l'affleurement (parcelles 23-24) La roche en place est presque entièrement recouverte par le talus d'éboulis.



**Photo 23 : Vue de blocs (parcelles 23-24) supposés presque en place.**



**Photo 24 : Blocs/pierres chutés et stoppés par les arbustes (parcelles 23-24)**



**Photo 25 : Vue du talutage anthropique dans les éboulis (parcelle 32).**



**Photo 26 : Vue de la partie sommitale qui subit une érosion régressive (parcelles 36).**



**Photo 27 : Zoom sur les blocs instables de la partie sommitale. L’affleurement est constitué d’éboulis lités (parcelles 7-8).**



**Photo 7 : Vue du contexte général derrière les parcelles 7-8 et vue de l’enjeu.**



**Photo 8 : Vue de l'arrière des parcelles 20-21.**

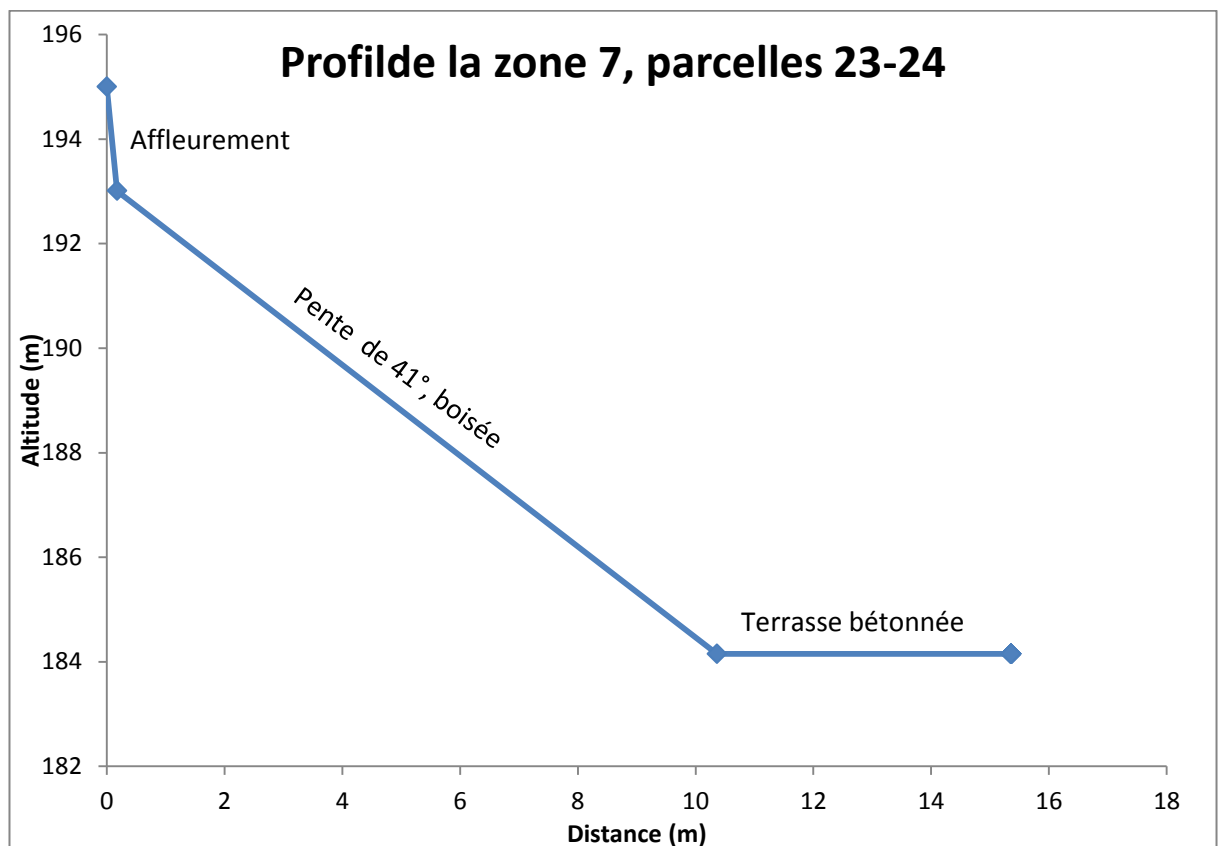


## Aléa de propagation : Zone 7

### Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :

Pour les parcelles 23-24 : une pente d'environ 40° sur 13 m, une terrasse de 5 m puis la maison.

Pour les autres parcelles : une pente d'environ 41° sur 3 à 4 m de hauteur puis replats.



### Géologie de la zone de propagation :

- Pour les parcelles 23-24 : talus d'éboulis puis terrasse en terre compact.
- Pour les autres parcelles, talus d'éboulis puis pelouse ou mur d'un bâtiment selon les cas.

### **Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :**

Parcelles 23-24 : Le nombre observable de pierres/blocs chutés est indéterminable (supérieur à 100). Ils sont de forme variable et font jusqu'à 0,006 m<sup>3</sup> (photo 3). Selon les dires de la propriétaire, les chutes de blocs se produisent surtout à la fin de l'hiver. Un grillage avait été mis en place dans la pente, à 1,5 m de la terrasse. La plupart des blocs chutés sont stoppés par ce grillage. Certains sont stoppés dans la pente par la végétation (voir photo 3).

Pour les autres parcelles : nombreux petits blocs et pierres (plus de 100).

### **Enjeux :**

**Type de bâtiments/route** : terrasse, jardins et maisons.

**Distance enjeux/zone de départ** : immédiat.

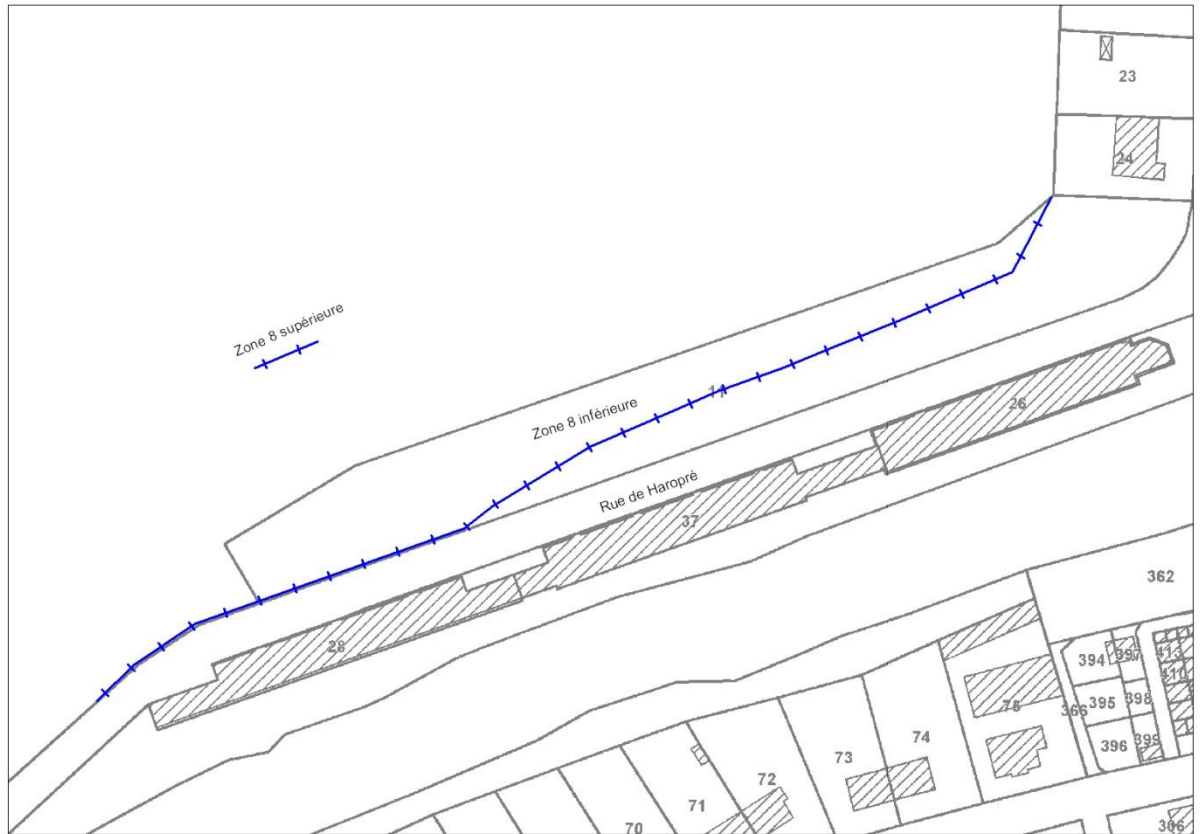
### **Parades :**

Le moyen le plus naturel pour arrêter les chutes de blocs dans ce type de talus d'éboulis consiste à le végétaliser.

Parcelles 23-24 : le grillage (barrière) en place est en mauvais état, il convient de purger les blocs accumulés et de remplacer la barrière.

Pour les parcelles 7-8, des barrières en tôles retenues par des piquets sont déjà aménagées. Il convient de les restaurer et de purger les blocs accumulés derrière.

## Aléa de départ : Zone 8



### **Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :**  $H_{\max} = 10 \text{ m}$  ;  $l_{\text{tot}} = 270 \text{ m}$  pour l'affleurement inférieur,  $H = 3 \text{ m}$  ;  $L = 15 \text{ m}$  pour l'affleurement supérieur.

### **Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

- La zone 8 inférieure se situe rue de Haropré, le long de la parcelle 11.

L'affleurement se situe dans les calcaires du Bajocien, et se présente sous forme de marches d'escalier dans la partie ouest (photo 1 et 2). On observe de nombreux sous-cavages ainsi que des pierres et blocs instables (photo 3). Les sous-cavages font entre 0,4 et 0,6 m de profondeur (photo 4 et 5). La fracturation est soit parallèle à la route, soit orientée N155 (densité moyenne de 1/m).

- La zone 8 supérieure :

Il s'agit d'une petite corniche de 15 m de long sur 2 à 3 m de haut. L'ensemble est assez fracturé et des blocs de  $0,01 \text{ m}^3$  peuvent s'en détacher.

**«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** entre 0,007 m<sup>3</sup> et 1 m<sup>3</sup>.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** sur tout l’affleurement.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque.

**Végétation :**

Arbres, mousse, herbe...



**Photo 28 : Vue de la partie ouest des affleurements avec une configuration en marches d’escalier.**



**Photo 29 : Banc calcaire en surplomb avec un sous cavage de 30 cm de profondeur.**



**Photo 3 : Pierres instables de 2 à 3 kg.**



**Photo 4 : Banc calcaire avec présence de sous-cavage.**



**Photo 5 : Sous les bancs calcaires, les horizons marneux sont à l'origine des sous-cavages.**



**Photo 6 : Blocs chutés d'environ 5 kg au niveau du muret en bordure du trottoir.**



**Photo 7 : Pierres chutées de 2 à 3 kg au niveau du muret en bordure du trottoir.**



**Photo 8 : Petit bloc chuté de 0,01 m<sup>3</sup> de volume. Le cercle rouge représente le point d'impact sur la route.**



## Aléa de propagation : Zone 8

### **Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :**

Pour la partie ouest de l'affleurement inférieur : en pied d'affleurement, un replat de 0,7 m en moyenne, un muret de 1,2 m puis la route (photo 1).

Pour la partie Est de l'affleurement inférieur : en pied d'affleurement, une pente de 48° sur 13 m puis le muret de 1,2 m et la route.

Pour l'affleurement supérieur : une pente boisée d'environ 38° jusqu'à 50 m de l'affleurement inférieur.

### **Géologie de la zone de propagation :**

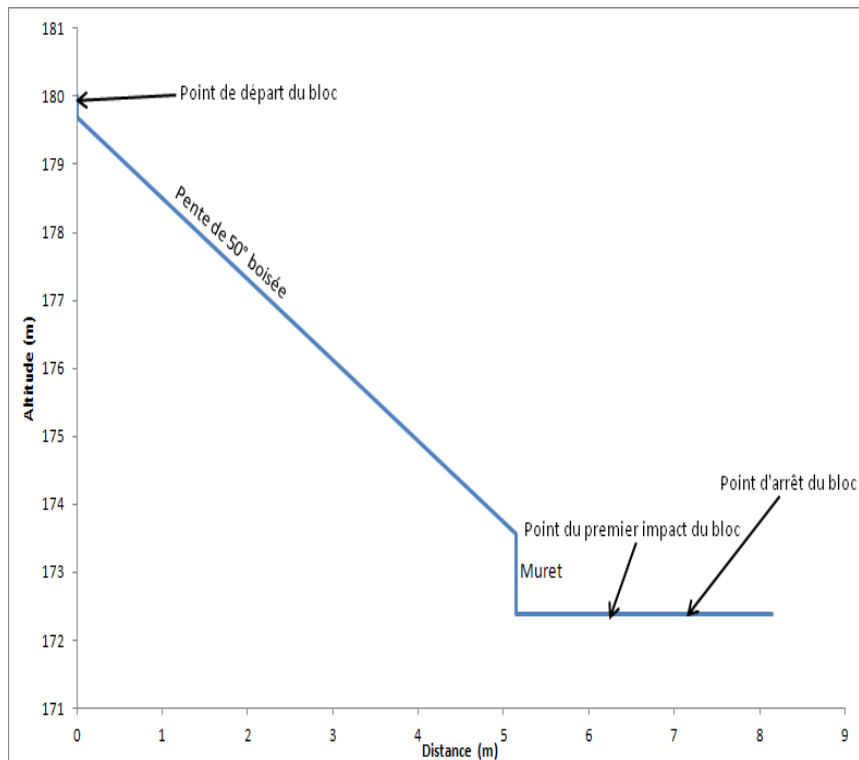
Talus d'éboulis meuble puis bitume.

### **Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :**

Le nombre observable de blocs chutés est indéterminable (supérieur à 100). Ils sont de forme variable et font de 0,003 à 0,02 m<sup>3</sup>, pour ceux situés dans la pente (photo 6 et 7). Tout le long du muret : pierres d'un volume maximum de 0,001 m<sup>3</sup>. Il est possible qu'ils soient déplacés ou évacués.

Le jour de notre passage (21/04/2011), nous avons observé la chute d'un bloc de 0,01 m<sup>3</sup> jusque sur la route (photo 8). Le bloc s'est détaché de l'affleurement à 6 m de haut, a chuté le long d'une pente de 50° sur 8 m, sauté par-dessus le muret de 1,2 m de haut puis impacté la route à 2 m du muret. Il s'est arrêté à 1,1 m de son premier point d'impact, (entouré en rouge sur la photo 8).

La simulation avec PIERRE, avec un bloc de 25 kg +/-5 indique une vitesse max de 8 m.s<sup>-1</sup> (soit une énergie de 1 à 2 kJ). Les blocs peuvent impacter les voitures garées de l'autre côté de la route.



## Enjeux :

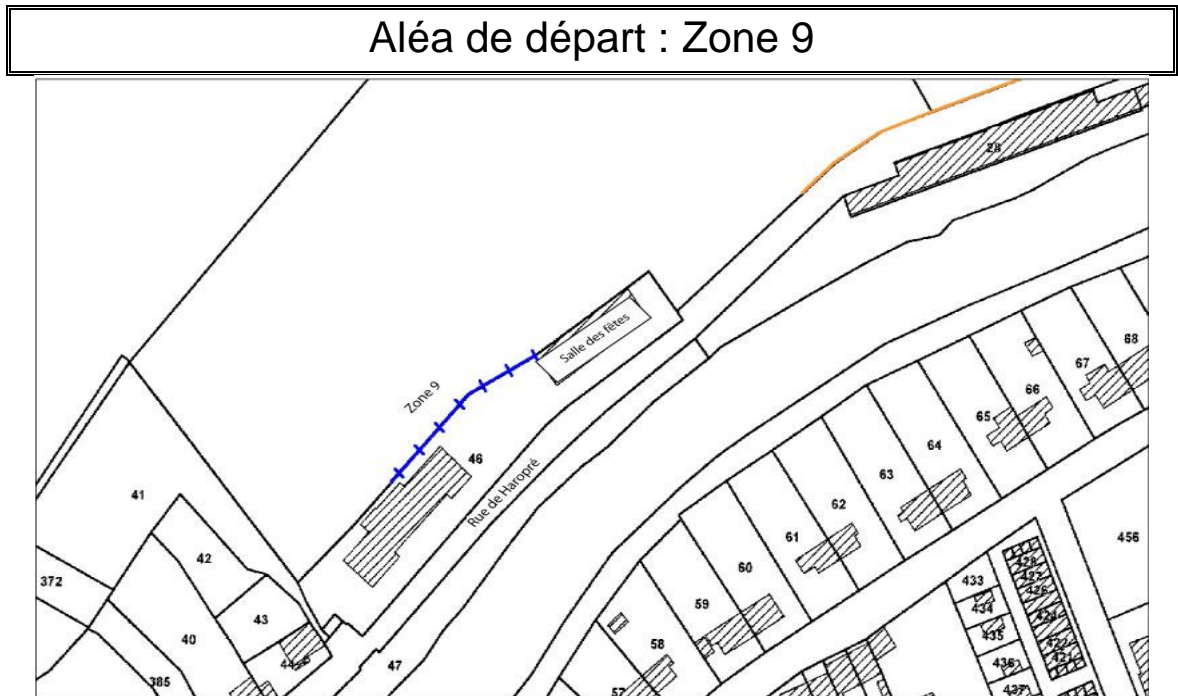
**Type de bâtiments/route :** route.

**Distance enjeux/zone de départ :** entre 0,7 et 13 m.

## Parades :

Cas de l'affleurement supérieur : purge puis grillage plaqué maille double torsion.

Cas de l'affleurement inférieur : purge manuelle des blocs instables, puis mise en place d'un écran statique (barrière grillagée double torsion ou rehaussement du muret) de 1 m de haut sur l'ensemble du muret de la zone 8.



**Zone de départ :**

**Hauteur /largeur (m) :** H = 2,5 à 4,5 m / L<sub>tot</sub> = 72 m.

**Aspect/aplombs/sous-cavage/fissure/fracturation... :**

Les calcaires du Bajocien présentent des bancs de 10 à 30 cm d'épaisseur en alternance avec des interbancs marneux de 5 à 10 cm d'épaisseur. Son état d'altération est avancé. La fracturation est d'orientation NS verticale, avec une densité de 1/m en moyenne.

On observe des sous-cavages (jusqu'à 60 cm de profondeur) ainsi que des blocs en surplomb et instables (photo 2).

**«Blocs» dans la zone de départ :**

**Volume/taille :** 0,05 m<sup>3</sup> maximum.

**Localisation des blocs susceptibles de tomber :** sur tout l'affleurement.

**Géométrie/forme des blocs :** quelconque. Ils sont susceptibles de se fragmenter lors de l'impact.

**Végétation :**

Lierre et arbres



**Photo 1 : Vue du coté Est de de l'affleurement.**



**Photo 2 : Vues de blocs instables.**



**Photo 3 : Vue de la fosse de réception.**



**Photo 4 : Vue de l'enjeu.**



**Photo 5 : Vue de blocs dont la chute n'a pas été stoppée par la fosse de réception.**



**Photo 6 : Talus d'éboulis avec pierres et petits blocs qui chutent sur le parking (côté ouest).**

## Aléa de propagation : Zone 9

### **Morphologie de la zone de réception/propagation (pente/régularité/replat/couloir/obstacles/végétation) :**

Mur de soutènement de 2,3 m de haut en pied de versant. Sa crête dépasse du terrain naturel formant un piège à pierres/blocs de 30 à 70 cm de large et 40 cm de profondeur maximum.

### **Géologie de la zone de propagation :**

Bitume.

### **Inventaire blocs chutés (nombre/répartition spatiale) :**

Le nombre de blocs et pierres chutés observables dans la fosse de réception est indéterminable (supérieure à 100). Ils sont de forme variable et font jusqu'à 0,03 m<sup>3</sup>. (Voir photo 3). On remarque que quelques blocs sont passés par-dessus le muret (photo 5) car la fosse de réception n'est pas purgée. Il est possible qu'ils aient été déplacés.

### **Enjeux :**

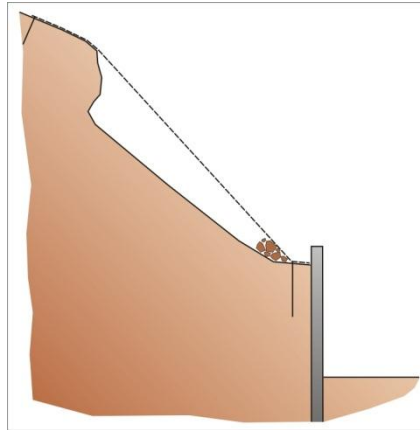
**Type de bâtiments/route :** parking et salle des fêtes (photo 4).

**Distance enjeux/zone de départ :** immédiat.

### **Parades :**

Côté Est : en plus de la purge des éléments instables et du curage de la fosse de réception :

- soit prévoir un rehaussement du muret par une barrière fixe (grillage maille double torsion) ;
- soit couvrir l'affleurement par une nappe de grillage maille double torsion comme représenté ci-après.



**Exemple d'installation d'une nappe de grillage retenant les pierres/blocs.**

Côté ouest (photo 6) : couvrir l'affleurement par une nappe de grillage plaqué maille double torsion.







Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Direction régionale Lorraine**  
1, avenue du Parc de Brabois  
54500 Vandoeuvre-lès-Nancy - France  
Tél. : 03 83 44 81 49