



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



Document à accès différé

Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune de Val de Briey (Meurthe-et-Moselle – 54)

Rapport final

BRGM/RP-71566-FR

Version 0 du 6 avril 2022

Étude réalisée dans le cadre des opérations de service public du BRGM
AP18NCY006

Marion Terrasson, Mickaël Rabin, Théo Krauffel

Vérificateur :

Nom : Clara Lévy

Fonction : Ingénieure géotechnicienne

Date : 24/03/2022

Signature :

Approbateur :

Nom : Nicolas KOEBERLE

Fonction : Directeur régional Grand Est

Date : 14/04/2022

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement du BRGM
est certifié selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : qualite@brgm.fr



Direction
Départementale
des Territoires
de Meurthe et Moselle

Avertissement

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur, au nombre d'exemplaires prévu.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

La communicabilité et la réutilisation de ce rapport sont régies selon la réglementation en vigueur et/ou les termes de la convention.

Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait et des éventuelles conséquences pouvant en résulter.

Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse <https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctq> ou par ce code :



Mots clés : Cartographie, aléa, chute de blocs, Val de Briey, Meurthe-et-Moselle, Grand Est

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

Marion Terrasson, Mickaël Rabin, Théo Krauffel (2022) – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune de Val de Briey (Meurthe-et-Moselle – 54). Rapport final V0. BRGM/RP-71566-FR, 214 p., 145 ill., 4 cartes hors-texte, 1 clé USB.

© BRGM, 2022, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.
IM003-MT008-P2-20/01/2022

Synthèse

Cette étude a pour objectif de réaliser une cartographie détaillée de l'aléa chute de blocs à l'échelle communale. Les phénomènes de glissement de terrain, de coulée de boue, de retrait-gonflement, les affaissements et effondrements liés à la présence de cavités naturelles ou anthropiques ne seront pas pris en compte.

Pour les besoins de l'étude, un levé LIDAR aéroporté (Light Detection And Ranging, soit de la télédétection par laser) a été réalisé par l'entreprise Helimap en avril 2019. Ce levé a permis de produire les modèles numériques de terrain (MNT) et de surface (MNS) de la commune à une résolution de 50 cm. Ces données topographiques haute résolution ont ensuite été valorisées pour l'évaluation de l'aléa, notamment pour la détection des zones de départs en chute de blocs, ainsi que pour évaluer la propagation des chutes de blocs.

Ce rapport présente un état actualisé des connaissances sur l'historique des chutes de blocs sur la commune de Val de Briey (54) en intégrant une compilation des archives disponibles, les résultats des recherches sur le terrain et des enquêtes réalisées auprès des services de la mairie. Cette phase informative est suivie d'une deuxième partie dédiée à l'évaluation de l'aléa chute de blocs suivant une démarche de type expert, en exploitant les connaissances issues de la phase informative, les observations de terrain et l'estimation des zones de propagation à l'aide de lois empiriques et des données topographiques disponibles (application de la méthode MEZAP). L'estimation de l'aléa chute de blocs résulte de l'estimation, pour chacune des zones de départs, de la probabilité de départ de chute de bloc et de l'intensité associée, ainsi que la probabilité de propagation.

Cette cartographie a permis de caractériser 56 escarpements et 37 phénomènes de chute de blocs avérés. Bien que cet inventaire ne soit pas exhaustif, il permet de cibler les zones particulièrement exposées et permet de quantifier les volumes potentiellement mobilisables.

La chute successive ou simultanée de plusieurs blocs peut entraîner un recul de la tête de falaise et déstabiliser les terrains situés en amont de la falaise. Ce phénomène a été cartographié au titre de l'aléa de recul sur une zone de 5 m de large en amont des têtes de falaises. Les reculs réels seraient inférieurs à cette valeur d'après la méthodologie employée mais la résolution de la cartographie ne permet pas de représenter des zones de moins de 5 m de large.

Sur la base de la cartographie de l'aléa, un ciblage des zones à enjeux a été réalisé et des propositions de parades ont été formulées. Pour ce faire, les enjeux ont été scindés en deux catégories, bâtiment et voie de communication. Le croisement des classes d'aléa et de enjeux a permis de hiérarchiser les zones par priorité de mise en œuvre des solutions de parade. 16 secteurs différents ont été hiérarchisés en terme de priorité au niveau communal.

Les parades proposées dans ce rapport le sont à titre indicatif, sans calcul de dimensionnement ou analyse des rapport coûts/bénéfices. Chacun de ces secteurs devra faire l'objet d'une évaluation de faisabilité de confortement par une entreprise spécialisée qui pourra dimensionner et chiffrer les différentes options possibles. Rappelons que les zones de recul de tête de falaise sont soumises à un phénomène qui peut être brutal entraînant une déstabilisation des terrains qui peut être difficilement contrôlable. À ce titre, ces zones ne doivent pas faire être confondues avec les zones d'aléa de chute de bloc, notamment en terme de préconisation constructive.

Sommaire

1. Introduction	13
1.1. Objet de l'étude	13
1.2. Contexte géographique, hydrologique et morphologique	14
1.3. Contexte géologique	16
1.3.1. <i>Généralités</i>	16
1.3.2. <i>Description des formations géologiques du substratum</i>	17
1.3.3. <i>Description des formations superficielles</i>	20
1.3.4. <i>Aspects structuraux</i>	21
1.4. Contexte hydrogéologique	22
2. Collecte et structuration des données	25
2.1. Levé LIDAR	25
2.2. Inventaire des phénomènes de chutes de blocs	27
2.3. Phénomène de chute de blocs	27
2.3.1. <i>Falaises ou corniches de calcaires siliceux et bioclastiques</i>	32
2.3.2. <i>Corniches de calcaire à polypiers</i>	37
3. L'aléa chute de blocs et éboulement – Définition	43
3.1. Terminologie	43
3.2. Evolution vers la rupture	44
3.3. Facteurs intervenant dans la chute de blocs	44
3.4. Typologie des ruptures	45
4. Evaluation de l'aléa chute de blocs	49
4.1. Méthodologie générale	49
4.1.1. <i>Caractérisation des zones de départ</i>	50
4.1.2. <i>Caractérisation des zones de propagation</i>	51
4.1.3. <i>Caractérisation de l'aléa chute de bloc</i>	57
4.1.4. <i>Caractérisation de l'aléa de recul</i>	58
4.2. Cartographie des zones de départ	59
4.2.1. <i>Détection automatique</i>	59
4.2.2. <i>Reconnaitances de terrain</i>	60
4.2.3. <i>Classification des zones de départ</i>	61
4.3. Estimation des enveloppes de propagation	63
4.4. Cartographie de l'aléa chute de blocs	64
4.5. Cartographie des zones de recul potentiel	64
5. Caractérisation des zones à enjeux	69
5.1. Identification et classification des enjeux	69
5.2. Evaluation des zones à enjeux et parades associées	69
5.2.1. <i>Evaluation et hiérarchisation des enjeux</i>	69
5.2.2. <i>Hiérarchisation des secteurs</i>	70
5.2.3. <i>Différence de géoréférencement entre les orthophotographies et les données cadastrales</i>	73
5.2.4. <i>Description des zones à enjeux et propositions de parades</i>	74
5.3. Résolution de la cartographie	91
6. Limite de la carte et échelle de restitution	93
7. Conclusions	95
8. Bibliographie	97

Table des illustrations

Illustration 1 – Localisation de bassins à risque de chutes de blocs (encarts noirs) sur fond topographique coloré en Meurthe et Moselle. Rapport BRGM/RP-56628-FR. (2008).	13
Illustration 2 – Localisation des cours d'eau et vallées sèches sur les communes du val de Briey (fond OpenStreetMap).	15
Illustration 3 – Colonne lithostratigraphique des formations présentes au Val de Briey	17
Illustration 4 – Extrait de la carte géologique harmonisée à l'échelle du 1/50 000 ^{ème} du département de la Moselle sur les communes du val de Briey (source BRGM).	18
Illustration 5 – Extrait de la carte géologique au 1 : 1 000 000 ^{ème} aux alentours du val de Briey	21
Illustration 6 – Coupe géologique et hydrogéologique des Calcaires du Dogger (source Kimmel, 2000 - complété BRGM 2007).....	23
Illustration 7 – Modèle numérique de surface ombragé obtenu à partir du levé LIDAR au pas de 0,5 m avec représentation des enjeux (BD Topo).	26
Illustration 8 – Cartographie des pentes à partir du levé LIDAR au pas de 1 m avec les enjeux (BD topo).	27
Illustration 9 - Localisation des principaux événements de chutes de blocs répertoriés (Scan25, IGN). Les numéros renseignés correspondent aux identifiants d'affleurements (annexe 3) repris en partie pour identifier les blocs (tableau suivant).....	28
Illustration 10 – Liste des phénomènes de chute de blocs historiques sur la commune de Val de Briey	31
Illustration 11 - Photo de l'affleurement A03 avant que l'événement ait eu lieu avec une comparaison des chutes de blocs relevées en février 2021. Les blocs sont d'environ 75 L (gauche) et d'environ 150 L (droite).	33
Illustration 12 – Bloc de volume inférieur à 50 L au sein du versant de l'affleurement A15a. Photo BRGM (2021).....	34
Illustration 13 - Photo de l'éboulement identifié au niveau de l'affleurement A21 surplombant la voie verte. Bloc de référence d'environ 360 L au premier plan. Photo BRGM (2021)	35
Illustration 14 - Photo d'un éboulement de plusieurs blocs d'environ 500 L de volume total avec des volumes unitaires d'environ 100 L, arrêtés au milieu d'un versant en forme d'escalier. Photo BRGM (2021).....	36
Illustration 15 - Photo de l'affleurement A35, présentant en pied des blocs de petits volume. Photo BRGM (2021).....	37
Illustration 16 - Photo de la corniche génératrice du bloc de 4,5 m ³ visible au premier plan. Photo BRGM (2021).....	38
Illustration 17 - Photo du bloc de 4,5 m ³ . BRGM (2021)	39
Illustration 18 - Photo de la zone de départ de l'évènement montrant un bloc potentiellement instable encore en place. BRGM (2021)	39
Illustration 19 - Photo de l'affleurement A46 montrant deux blocs éboulés en pied de versant, à proximité du chemin. BRGM (2021)	40
Illustration 20 - Photo de l'affleurement A46 avec au premier plan un bloc de 70 litres tombé au pied de celui-ci. BRGM (2021)	41

Illustration 21 – Terminologie de l'aléa rocheux en fonction des volumes mobilisés totaux (haut) et unitaires (bas).....	43
Illustration 22 – Schéma des principaux mécanismes de rupture (Dussauge-Peisser, 2002) ...	45
Illustration 23 – Exemple d'un versant rocheux en escalier (Affleurement A22 à gauche) et de l'état de fracturation et d'altération des calcaires en surface (Affleurement A42 droite). BRGM (2021).....	46
Illustration 24 – exemple de mise en surplomb d'un niveau calcaire sur l'affleurement A01 le long de la D643 à Briey. BRGM (2021)	47
Illustration 25 – Indices d'intensité définis par la MEZAP (BRGM et al., 2014)	50
Illustration 26 – Indices d'activité définis par la MEZAP (BRGM et al., 2014).....	51
Illustration 27 : Probabilités d'atteinte évaluées.	51
Illustration 28 – Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle β	52
Illustration 29 – Évolution de l'angle d'énergie en fonction de l'aire normalisée du versant (rapport H/L) (Colas et al., 2017).	53
Illustration 30 – Lois empiriques proposées après une modélisation probabiliste de la base de donnée MEZAP pour des seuils de probabilité d'atteinte faible ($P=10^{-6}$), moyenne ($P=10^{-4}$) et élevée ($P=10^{-2}$) (Colas et al., 2017).	54
Illustration 31 – Exemple des résultats fournis par ELANA à partir du MNT 1 m, Avenue de la République.....	55
Illustration 32 – Exemple de comparaison entre les propagations obtenus à partir du MNT 1 m et 5 m au niveau de la route départementale D9, à l'est de la commune de Val de Briey.....	56
Illustration 33 – Comparaison entre les données du MNT 5 m (profil bleu) et 50 cm (profil rouge) montrant le lissage d'une zone d'arrêt le long du profil de l'illustration 32. L'échelle des ordonnées est exagérée par rapport à l'échelle des abscisses.	57
Illustration 34 – Matrice de probabilité d'occurrence (BRGM et al., 2014).....	58
Illustration 35 – Matrice d'évaluation de l'aléa adapté au contexte local (BRGM et al., 2014)...	58
Illustration 36 – Inventaire des zones de départ potentielles détectées par analyse du MNT (fond cartographique : scan25 IGN).....	60
Illustration 37 – Inventaire des zones de départ de blocs rocheux avérées (fond cartographique : scan25 IGN).....	61
Illustration 38 – Cartographie des zones de départ classée en zones homogènes (fond cartographique : scan25 IGN).....	63
Illustration 39 – Localisation des zones d'aléa lié aux chutes de blocs ou au recul de falaise. (fond topographique OpenStreetMap) les cartes de détail (A à F), sont présentées en annexe 7 au format A3.....	67
Illustration 40 – Définition des zones de priorités des bâtiments pour la mise en place de parades	70
Illustration 41 – Définition des zones de priorités des voies de communication pour la mise en place de parades.....	70
Illustration 42 – Tableau de hiérarchisation des secteurs à enjeux sur la commune de Val de Briey.....	71

Illustration 43 – Localisation des secteurs à enjeux sur la commune de Val de Briey (fond Plan IGN).....	72
Illustration 44 – Cartographie de l'aléa chute de bloc au nord du Chemin de l'Orne, en contrebas du Château de Brouchetière sur fond orthophotographique LIDAR de 2019	73
Illustration 45 – Cartographie de l'aléa chute de bloc au nord du Chemin de l'Orne, en contrebas du Château de Brouchetière sur fond cadastral issue de la BD EDIGEO de décembre 2021 ...	74
Illustration 46 – Secteur 1 le long de la rue Princesse Mathilde.....	75
Illustration 47 – Secteur 2 le long de la rue de Verdun	76
Illustration 48 – Secteur 3 le long de la voie verte au niveau de Mance	77
Illustration 49 – Secteur 4 le long de la rue de Tavannes à Mancieulles	78
Illustration 50 – Secteur 5 place de Niederaussen	79
Illustration 51 – Secteur 6 le long de la route départementale D643 à Briey	80
Illustration 52 – Secteur 7, le long de la D146	81
Illustration 53 – Secteur 8 le long de la route départementale D146 à Briey	82
Illustration 54 – Secteur 9 le long de la D906 sur la commune de Briey	83
Illustration 55 – Secteur 10 le long de la D138 sur la commune de Briey	84
Illustration 56 – Secteur 11 le long de la voie verte au niveau du terrain de tir sur la commune de Briey	86
Illustration 57 – Secteur 12 le long de la rue du Cloue sur la commune de Briey	87
Illustration 58 – Secteur 13 le long de la voie verte à l'est du lac de la Sangsue sur la commune de Briey	88
Illustration 59 – Secteur 14 le long de la rue Gambetta sur la commune de Briey	89
Illustration 60 – Secteur 15 le long de la rue du Maréchal Foch sur la commune de Briey	90
Illustration 61 – Secteur 16 le long de la rocade Alain Minoun sur la commune de Briey	91
Illustration 62 – Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux, d'après LCPC (2004).....	100
Illustration 63 – Localisation des affleurements expertisés.....	103
Illustration 64 – Photo de l'affleurement A1b	104
Illustration 65 – Photos de l'affleurement A1a	105
Illustration 66 – Photo de l'affleurement A1d	106
Illustration 67 – Photos de l'affleurement A1e	106
Illustration 68 – Photos de l'affleurement A1f	107
Illustration 69 – Photos de l'affleurement A2a	108
Illustration 70 – Photo de l'affleurement A2b	109
Illustration 71 – Photos de l'affleurement A3	110
Illustration 72 – Photos de l'affleurement A4 (2).....	112
Illustration 73 – Photo de l'affleurement A5.....	113
Illustration 74 – Photos de l'affleurement A6a	114

Illustration 75– Photo de l’affleurement A6b	115
Illustration 76 – Photo de l’affleurement A7	116
Illustration 77 – Photos de l’affleurement A8.....	117
Illustration 78 – Photo de l’affleurement A9	118
Illustration 79 – Photo de l’affleurement A10	119
Illustration 80 – Photo de l’affleurement A11	120
Illustration 81 – Photos de l’affleurement A12.....	121
Illustration 82 – Photos de l’affleurement A13.....	122
Illustration 83 – Photos de l’affleurement A14 (1)	123
Illustration 84 – Photo de l’affleurement A14 (2).....	124
Illustration 85 – Photos de l’affleurement A15a.....	125
Illustration 86 – Photo de l’affleurement A16	127
Illustration 87 – Photo de l’affleurement A17	128
Illustration 88 – Photo de l’affleurement A18	129
Illustration 89 – Photos de l’affleurement A21.....	130
Illustration 90 – Photos de l’affleurement A22a.....	131
Illustration 91 – Photos de l’affleurement A22c.....	133
Illustration 92 – Photos de l’affleurement A24.....	134
Illustration 93 – Photo de l’affleurement A25	135
Illustration 94 – Photos de l’affleurement A26 (2)	137
Illustration 95 – Photo de l’affleurement A27	138
Illustration 96 – Photos de l’affleurement A29.....	139
Illustration 97 – Photos de l’affleurement A30.....	140
Illustration 98 – Photos de l’affleurement A31.....	141
Illustration 99 – Photos de l’affleurement A32.....	142
Illustration 100 – Photo de l’affleurement A33	142
Illustration 101 – Photos de l’affleurement A35.....	143
Illustration 102 – Photo de l’affleurement A36	144
Illustration 103 – Photos de l’affleurement A37.....	145
Illustration 104 – Photo de l’affleurement A38	146
Illustration 105 – Photos de l’affleurement A39.....	147
Illustration 106 – Photos de l’affleurement A40.....	148
Illustration 107 – Photos de l’affleurement A41.....	149
Illustration 108 – Photos de l’affleurement A42.....	150
Illustration 109 – Photos de l’affleurement A43.....	151
Illustration 110 – Photos de l’affleurement A44.....	152

Illustration 111 – Photo de l’affleurement A45a	153
Illustration 112 – Photo de l’affleurement A45b	154
Illustration 113 – Photos de l’affleurement A46	155
Illustration 114 – Photos de l’affleurement A47	156
Illustration 115 – Photos de l’affleurement A48	157
Illustration 116 – Photos de l’affleurement A49	158
Illustration 117 – Photos de l’affleurement A50	159
Illustration 118 – Photo de l’affleurement A52	160
Illustration 119 – Photos de l’affleurement A55	162
Illustration 120 – Photo de l’affleurement A56	163
Illustration 121 – Photo de l’affleurement A57	164
Illustration 122 – Photos des colonnes sur l’affleurement A59.....	165
Illustration 123 – Photos des affleurements rocheux du point A60	166
Illustration 124 – Cartographie de la propagation sur la commune du Val de Briey (1/30 000, fond plan IGN)	169
Illustration 125 – Localisation des principaux profils topographiques réexpertisés via l’outil bloc.....	173
Illustration 126 - Représentation schématique d’un éboulement à l’origine d’un recul de la tête d’escarpement	186
Illustration 127 - Représentation schématique du recul de la tête d’escarpement lié à un ou plusieurs éboulements, soit, respectivement, l’observation du recul unitaire ou cumulé de la tête d’escarpement	186
Illustration 128 - Représentation schématique des différentes configurations topographiques à l’origine de mécanismes différents pour le recul de la tête d’escarpement. Du haut vers le bas et de gauche à droite : S1 escarpement avec un profil sub-vertical, S2 escarpement avec un profil présentant du surplomb, S3 escarpement avec un profil de versant réglé, S4 escarpement sous-cavés. S5 escarpement avec 2 formations rocheuses n’engendrant pas les mêmes scénarios de recul, S6 escarpement avec une formation meuble en amont.....	188
Illustration 129 - Exemple d’échelle d’intensité (inspiré du guide PPRn mouvement de terrain de 1999)	189
Illustration 130 - Définition des classes d’intensité de l’aléa de recul en fonction de la distance de recul du scénario et du potentiel de dommages (Source : Méthodologie sur l’aléa de recul en cours d’élaboration par le BRGM)	190
Illustration 131 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité annuelle induisant le recul de la tête d’escarpement (vue en plan)	192
Illustration 132 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité annuelle induisant le recul de la tête d’escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan)	192
Illustration 133 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennal induisant le recul de la tête d’escarpement (vue en plan)	193

Illustration 134 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennal induisant le recul de la tête d'escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan).....	193
Illustration 135 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennal induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan).....	194
Illustration 136 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennal induisant le recul de la tête d'escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan).....	194
Illustration 137 - Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennal et décennal induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)	195
Illustration 138 - Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennal et décennal induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)	196
Illustration 139 - Matrice d'évaluation de l'aléa de recul.....	196
Illustration 140 – Localisation des zones d'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey (fond plan OSM).....	201
Illustration 141 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie ouest de Mancieulles (fond plan OSM).....	203
Illustration 142 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie nord de Mance (fond plan OSM)	204
Illustration 143 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie sud de Mance et nord-ouest de Briey (fond plan OSM)	205
Illustration 144 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie sud de Briey (fond plan OSM)	207
Illustration 145 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie est de Briey (fond plan OSM)	209
Illustration 146 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie extrême est de Briey (fond plan OSM).....	210
Illustration 147 – Exemple de parades actives.....	213
Illustration 148 – Exemple de parades passives.....	214

Table des annexes

Annexe 1 : Facteurs intervenant dans la chute de blocs.....	99
Annexe 2 : Outil de cartographie ELANA, les étapes de calculs	101
Annexe 3 : Localisation et Fiches descriptives des affleurements expertisés	103
Annexe 4 : Cartographie des enveloppes de propagation	167
Annexe 5 : Localisation et présentation des principaux profils topographiques réexpertisés grâce à l'outil Bloc.....	171
Annexe 6 : Méthodologie pour le zonage de l'aléa de recul de la tête de falaise	185
Annexe 7 : Cartographie de l'aléa Chute de bloc sur les communes du Val de Briey	199
Annexe 8 : Tableaux synthétiques des parades pour les chutes de blocs	211

Cartes hors-texte

Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune de Val de Briey (Meurthe-et-Moselle – 54) au 1/5 000 répartie sur 4 cartes (Nord, Sud, Est et Ouest).

1. Introduction

1.1. OBJET DE L'ETUDE

Sur la commune du Val de Briey, plusieurs aléas mouvements de terrain ont été identifiés dans des études générales, conduites à l'échelle départementale (Rapport BRGM/RP-56628-FR. 2008 ; rapport BRGM/RP-63178-FR. 2014).

Le premier concerne **les chutes de blocs** où, suite à un inventaire départemental (Rapport BRGM/RP-56628-FR. 2008), le val de Briey a été identifié comme appartenant, avec la commune de Joeuf, à un des quatorze bassins à risque de chutes de blocs (illustration 1, encarts noirs).

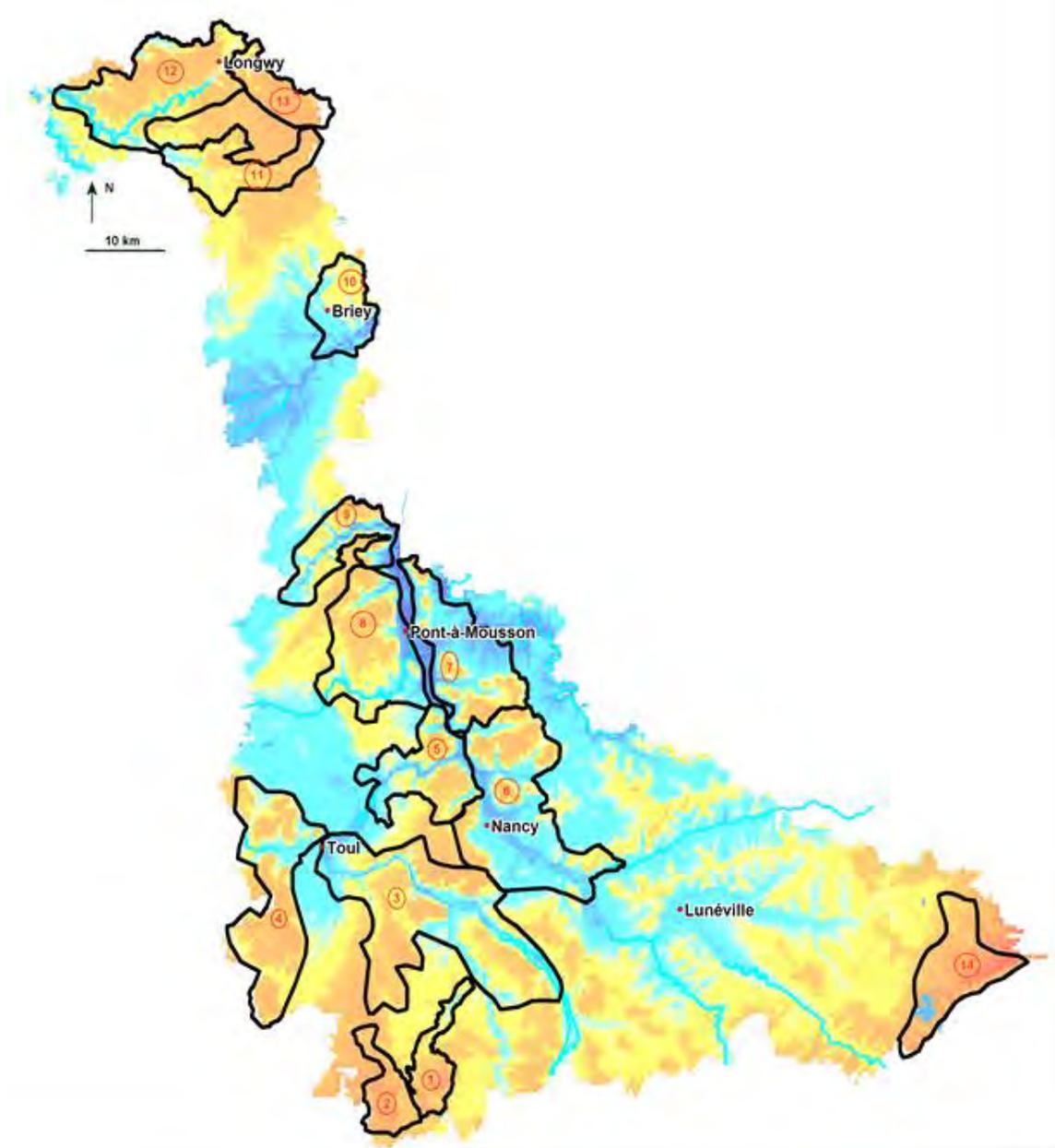


Illustration 1 – Localisation de bassins à risque de chutes de blocs (encarts noirs) sur fond topographique coloré en Meurthe et Moselle. Rapport BRGM/RP-56628-FR. (2008).

Le second aléa concerne **les glissements de terrain** et sa caractérisation fait l'objet d'un rapport à part entière. Dans une étude de hiérarchisation des communes de Meurthe-et-Moselle vis-à-vis de cet aléa, la commune du Val de Briey a été classée en 47ème position en terme de priorité d'exécution d'étude de ce phénomène sur les 594 communes que compte le département de la Meurthe-et-Moselle (rapport BRGM/RP-63178-FR. 2014).

La base de données mouvement de terrain (BD MVT, georisque.fr) identifie une chute de bloc sur la commune. Celle-ci a eu lieu au niveau du rond-point entre la Côte des Corbeaux et la D643. Le volume et la date de l'événement n'ont pas été renseignés. Elle affecte les calcaires du Bajocien. La falaise a fait l'objet de travaux de confortement avec la mise en place d'un filet plaqué à cet endroit.

L'objectif est donc de réaliser une cartographie de l'aléa chute de blocs sur le ban communal. Seul l'aléa lié aux corniches naturelles sera pris en compte. Celui lié aux chutes de pierres qui pourraient provenir des murs délabrés de bâtiments ne sera pas cartographié. Néanmoins, si des situations préoccupantes venaient à être identifiées lors de cette étude, l'administration en sera avertie.

Les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, les affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (naturelles ou anthropiques) ainsi que les coulées de boue ne seront pas considérés. Néanmoins, dans le cas où de tels phénomènes, d'ampleur exceptionnelle seraient constatés, le BRGM se doit de les mentionner à la commune et à l'administration.

1.2. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, HYDROLOGIQUE ET MORPHOLOGIQUE

Localisé à l'est du bassin Parisien, au nord-ouest de Metz et au sud-ouest de Thionville, le val de Briey regroupe les communes de Briey, de Mance et de Mancieulles depuis 2017. Son chef-lieu se situe à Briey. Le val de Briey se trouve immédiatement au nord-ouest de la confluence de l'Orne, provenant du sud-ouest et se jetant dans la Moselle 10 km plus au nord-est, et du Conroy, provenant du nord-ouest. Aucun de ces cours d'eau ne traverse le val de Briey, Ces communes du val de Briey sont traversées par le ruisseau du Woigot, pénétrant sur la commune de Mancieulles par le nord où il est rejoint par le Grand Ru, provenant du nord-ouest. Il traverse ensuite la partie sud-ouest de la commune de Mance. Dans ces deux communes, il occupe le fond d'une large vallée aux versants peu pentus. Il est rejoint par le ruisseau dit de la Vallée, provenant du nord-est et longeant la limite communale entre Mance et Briey, avant d'entailler profondément le plateau de Briey en une vallée plus étroite.

Ce plateau est entaillé par deux autres vallées globalement parallèles à celle du Woigot, situées plus à l'est. Il s'agit des vallées de la Noue et du Grand Fond. Toutes deux sont des vallées sèches prenant naissance sur le plateau de Briey et débouchant sur la vallée de l'Orne, présente au sud de la commune. À l'extrémité sud-ouest de Briey, le Séchevaux, ruisseau coulant vers le sud où il rejoint l'Orne, entaille le plateau situé en rive droite du Woigot laissant entre ces deux cours d'eau un seuil topographique de moins de 300 m de large.

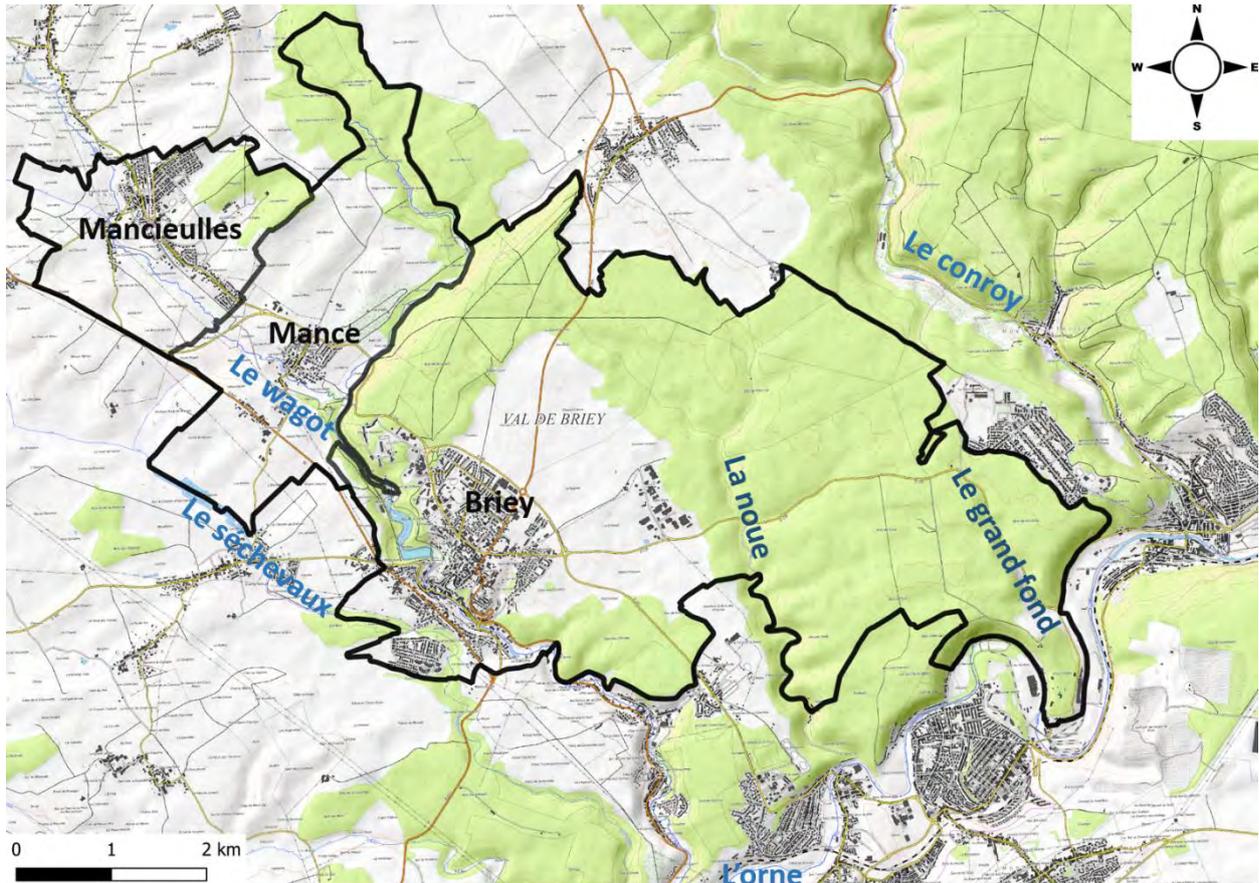


Illustration 2 – Localisation des cours d'eau et vallées sèches sur les communes du val de Briey (fond OpenStreetMap).

Les zones urbanisées sont principalement organisée le long de la vallée du Woigot et s'étendent sur les versants pour les communes déléguées de Mance et Mancieulles et jusque sur le plateau pour la commune de Briey.

Le territoire du val de Briey peut être partagé en deux parties :

1) Le plateau de Briey :

Il représente la totalité de la commune du même nom et correspond aux deux tiers de la surface totale du secteur d'étude. Il s'agit d'un plateau calcaire recouvert de limons et entaillé par trois vallées globalement parallèles (Woigot, Noue et grand fond). Le fond de la vallée du Woigot est occupée par des alluvions récentes et est très largement urbanisée. Il s'agit d'une vallée d'une centaine de mètre de large (200 au niveau de la retenue d'eau de la Sangsue) encaissée d'une quarantaine de mètre dans les calcaires du Bajocien. Ses versants sont raides (plus de 15° voire plus de 30°) et composés principalement de calcaires altérés présentant un débit en plaquettes centimétriques. Il en résulte une accumulation de colluvions à blocs décimétriques en bas de pente.

Les deux vallées les plus orientales ne sont pas occupées par un cours d'eau permanent et leur fond est principalement couvert de colluvions de bas de pente. Elles prennent naissance dans le plateau calcaire et donnent rapidement des vallées encaissées de 50 à 60 m de profondeur et de moins de 50 m de large. Tout comme celle du Woigot, ces vallées montrent une géométrie symétrique en coupe et des versants raides.

2) Les collines marneuses de Mance et Mancieulles :

Elles représentent le tiers du secteur d'étude et sont séparées du plateau de Briey par une faille normale orientée nord-est/sud-ouest, abaissant les terrains du nord-ouest. La majeure partie de ces communes est représentée par une large vallée marneuse délimitée par les sommets de quatre collines, au nord-est des communes, et par un petit plateau s'étendant sur la commune d'Anoux, au sud-ouest de Mancieulles. A l'inverse des vallées entaillant le plateau de Briey, il s'agit d'une vallée large et asymétrique, avec un versant est plus long et moins raide que celui côté ouest. Le fond de cette vallée est occupé par le Woigot qui atteint à peine les calcaires sous-jacents. Et coule sur des calcaires et marnes altérées ou des alluvions récentes qui sont principalement présentes aux confluences avec le Grand Ru, au nord de Mancieulles, et avec le ruisseau de la Vallée, au sud de Mance.

1.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

1.3.1. Généralités

Le sous-sol du territoire du Val de Briey est constitué par une succession de couches de sédiments sub-horizontales, déposées par la mer à l'ère Secondaire (Mésozoïque), pendant la période du Jurassique, et plus précisément à l'époque du Dogger (Jurassique moyen), soit entre environ -172 et -168 millions d'années. Les formations du plateau de Briey sont essentiellement calcaires tandis que celles présentes sur les communes de Mance et Mancieulles correspondent à des marnes et des alternances marno-calcaires.

Les terrains les plus anciens se trouvent au sud-est de la commune de Briey et affleurent à la faveur de l'incision de l'Orne qui atteint l'Aalénien juste de l'autre côté de la limite communale.

La présence de fer dans les calcaires en profondeur a conduit à des exploitations souterraines (dépilage) induisant actuellement un aléa affaissement lié aux travaux miniers sur les 2/3 sud-est de Briey et au nord-ouest sur les secteurs de Mance et Mancieulles sur (Géoderis, 2012 ; PPRM, 2016).

La colonne lithostratigraphique de Illustration 3 représente les changements de faciès des formations correspondantes rencontrées en Lorraine et qui peuvent être appliquées au Val de Briey.

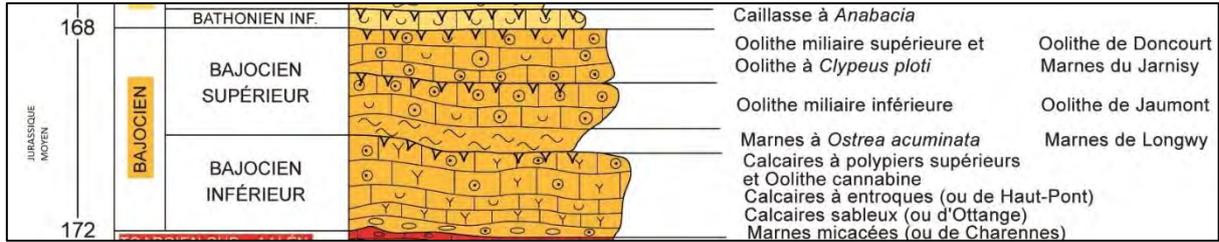


Illustration 3 – Colonne lithostratigraphique des formations présentes au Val de Briey

Ce substratum est masqué dans certains secteurs par des formations superficielles récentes (notées Fz, X et LP en Illustration 4). Ce sont les alluvions fluviales (Fz) présentes dans la vallée de l'Orne à l'est et dans la vallée du Woigot proche du centre urbain et les couvertures de limons présentes sur le plateau (LP). Des dépôts anthropiques (remblais ou déblais de mines ou crassiers, notés X) étaient également présents sur le territoire lors des relevés effectués pour l'établissement de la carte géologique publiée en 1982.

1.3.2. Description des formations géologiques du substratum

Les formations géologiques issues de la carte géologique harmonisée à l'échelle du 1/50 000ème du département de Meurthe-et-Moselle sont présentées ci-après (Illustration 4).

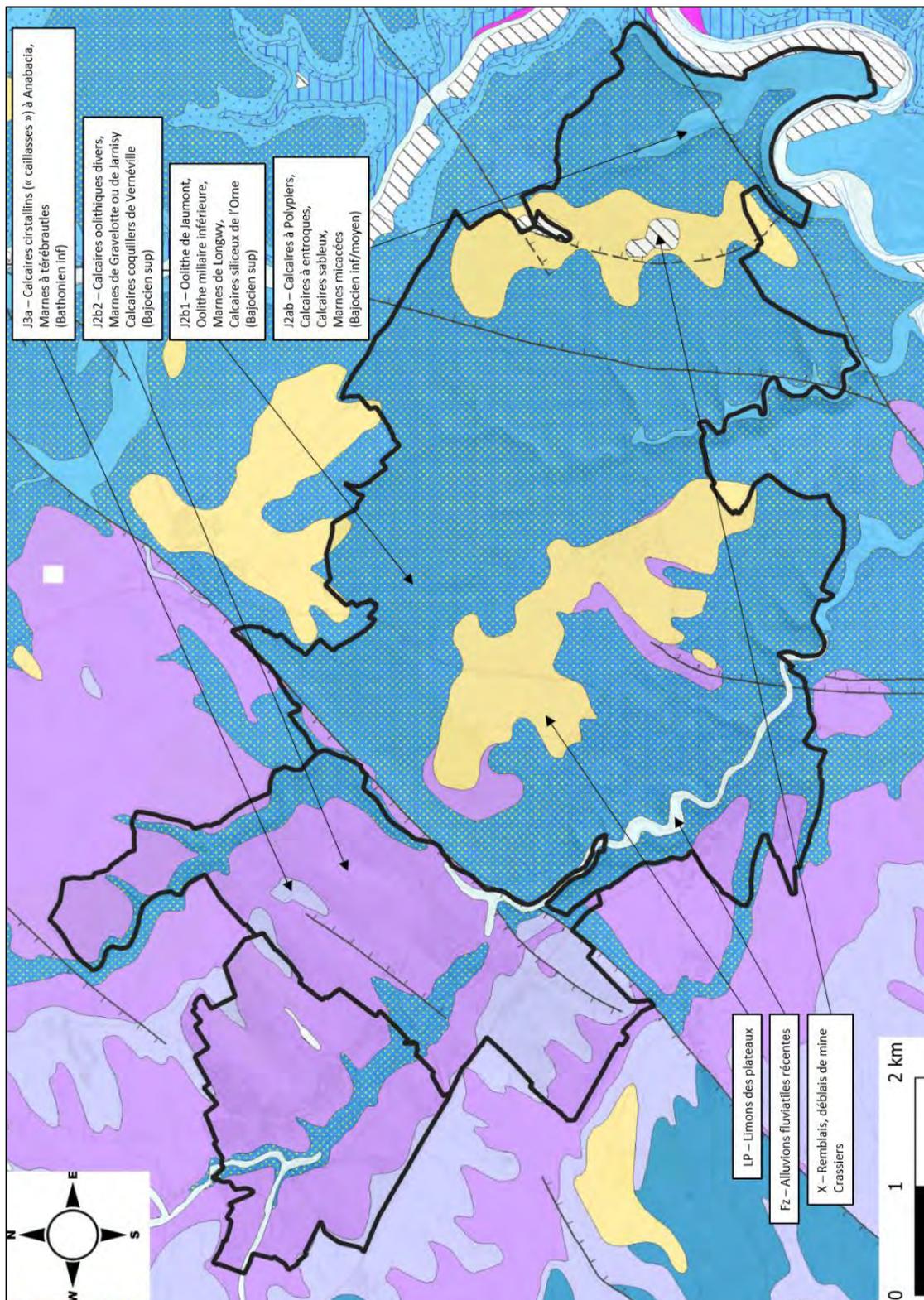


Illustration 4 – Extrait de la carte géologique harmonisée à l'échelle du 1/50 000ème du département de la Moselle sur les communes du val de Briey (source BRGM).

Les descriptions suivantes sont issues de la carte géologique de Briey et de sa notice, et de la carte géologique harmonisée du département de Meurthe-et-Moselle et de son rapport associé. Les formations géologiques du substratum, des plus anciennes aux plus récentes, sont listées ci-après.

Bajocien :

- 1) Calcaires à polypiers, Calcaires à entroques, Calcaires sableux, Marnes micacées (Bajocien inférieur-moyen), noté J2ab en Illustration 4.

Cette série débute par environ 10 à 30 m de marnes micacées (ou marnes de Chareennes). Il s'agit d'une formation essentiellement argileuse possédant une fraction quartzuse et micacée fine non négligeable. Elle peut présenter de petits bancs de calcaires à entroques, coquilliers ou gréseux, riches en faune, ainsi que des niveaux conglomératiques.

Au-dessus se situe la formation des calcaires sableux et calcaires à entroques (calcaires d'Ottange et calcaires du Haut-Pont). Son épaisseur est de 30 à 45 m. Les calcaires entroquitiques et gréseux deviennent de plus en plus abondants en montant dans la série, et l'on passe ainsi aux calcaires sableux. On y note un certain nombre de niveaux conglomératiques, ainsi que des passées oolithiques ferrugineuses. Les calcaires à entroques se présentent en petits bancs à stratifications obliques, séparés par des interbancs sableux, de moins en moins abondants vers le sommet. Le passage à la formation suivante des Calcaires à polypiers est franc. Il s'agit de calcaires récifaux constituant une masse de calcaires oolithiques, coquilliers, épais de 20 à 30 m.

Lithologies principales : calcaire récifal, calcaire bioclastique, calcaire sableux, marne silteuse.

Altération : Les calcaires à polypiers peuvent montrer une altération à la faveur des discontinuités qui affectent les affleurements, il en résulte des argiles de décalcification pouvant combler ces discontinuités et être remobilisées dans les conduits karstiques, ainsi qu'un débit en bloc dont la taille dépend de la densité et l'organisation géométrique des discontinuités. Le démantèlement de ces calcaires participe principalement à l'accumulation d'éboulis dans les versants.

- 2) Oolithe de Jaumont / oolithe miliaire inférieure, marnes de Longwy, calcaires siliceux de l'Orne (Bajocien supérieur) , noté J2b1 en Illustration 4.

Les calcaires siliceux de l'Orne, exploités notamment par une carrière à Briey, ont une épaisseur de 30 à 35 m et sont surmontés par les marnes de Longwy qui constituent un mince niveau (3 à 5 m) marno-calcaire. Elles peuvent être localement absentes et remplacées par le faciès des calcaires siliceux. Au-dessus, l'oolithe de Jaumont, d'épaisseur très variable, 15 à 20 m, correspond à des calcaires oolithiques et coquilliers jaunes, à stratifications obliques, présentant de nombreuses alvéoles de dissolution millimétriques.

Lithologies principales : calcaire oolithique, marne (33 % < CO₃ < 66 %), calcaire siliceux.

Altération : Ces calcaires présentent régulièrement une stratification entrecroisée et une fracturation assez dense à l'affleurement, pouvant se traduire par une production d'argiles assez importante et un débit en plaquettes décimétrique ou centimétrique selon la géométrie des plans de stratification. Les produits de leur altération alimentent les zones d'accumulation d'éboulis et de colluvions.

3) Calcaires oolithiques divers, marnes du Jarnisy et de Gravelotte, calcaire coquillier de Vernéville (Bajocien supérieur), noté J2b2 en Illustration 4.

C'est un ensemble complexe avec des passages latéraux de faciès entre un pôle calcaire et un pôle marneux. La série complète se compose des Marnes de Gravelotte, de l'Oolithe de Norroy, des Calcaire coquillier de Vernéville auxquels succède l'ensemble des Calcaires oolithiques divers (oolithe de Vionville, de Doncourt-lès-Conflans) puis les Marnes du Jarnisy.

Lithologies principales : calcaire oolithique, marne (33 % < CO₃ < 66 %), calcaire coquillier.

Altération : Les marnes de Jarnisy et de Gravelotte présente sur la zone d'étude s'altèrent en argiles. Les niveaux calcaires ne sont souvent pas assez développés pour armer les versants.

Bathonien :

4) Calcaires cristallins ("caillasses") à Anabacia, marnes à térébratules (Bathonien inférieur) , noté J3a en Illustration 4.

D'une puissance d'environ 10 m, il s'agit d'un ensemble, généralement mal stratifié, de calcaires argileux et bioclastiques gris, parfois à pseudo-oolithes rouille ou à entroques, d'aspect conglomératique ou noduleux. La partie supérieure devient très souvent plus compacte et se débite alors en plaquettes.

Lithologies principales : calcaire bioclastique, calcaire récifal, marne (33 % < CO₃ < 66 %).

Altération : Sur la zone d'étude, seule la partie inférieure affleure au sommet des collines marneuses de Mance et Mancieulles. Elle est alors presque complètement altérée en argiles et quelques blocs calcaires centimétriques.

1.3.3. Description des formations superficielles

Les formations superficielles, dont la répartition spatiale est visible dans l'illustration 2 sont décrites dans les notices des cartes géologiques et dans le rapport de la carte géologique harmonisée. Elles sont listées ci-dessous.

1) Alluvions fluviales récentes à actuelles, noté Fz en Illustration 4.

Ce sont les alluvions de remplissage des vallées de l'Orne, du Woigot, du ruisseau de la Vallée et de la vallée du Grand Ru. Leur épaisseur est variable (1 dm à 8 m), fonction de la morphologie du cours d'eau. Elles sont constituées de matériaux fins limono-sableux reposant sur des matériaux grossiers : sables, graviers, galets de taille variable.

Lithologie principale : alluvions.

2) Limons des plateaux, noté LP en Illustration 4.

Ce sont des formations de recouvrement et/ou d'altération à grain fin (1 à 3 m d'épaisseur au plus). Ces zones de couverture limoneuse sont présentes sur le plateau de Briey.

Lithologie principale : limon, altérite.

3) Formations de pente.

Il s'agit de formation recouvrant les versants au pied de falaises calcaires assez peu développées sur le Val de Briey. Il s'agit d'éboulis grossiers composés de blocs décimétriques principalement présents dans les versants peu urbanisés ou de colluvions pouvant contenir des blocs pluri centimétriques emballés dans une matrice argileuse et présents en bas de versant sur des épaisseurs de 1 à 2 m.

4) Remblais, déblais de mine, crassiers, noté X en Illustration 4.

Ces dépôts anthropiques ont été pris en compte lors des relevés effectués pour l'établissement de la carte géologique publiée en 1982. Ils sont présents à Briey et à Mancieulles.

1.3.4. Aspects structuraux

Ce secteur faisant partie de la bordure orientale du Bassin Parisien, du point de vue structural le pendage moyen des séries sédimentaires est de 0,5 % à 3 % en direction de l'ouest. Le territoire est affecté par des failles (Illustration 5) d'axes sud-ouest/nord-est (N45°-N65°). Elles représenteraient des satellites de la faille de Metz, plus au sud.

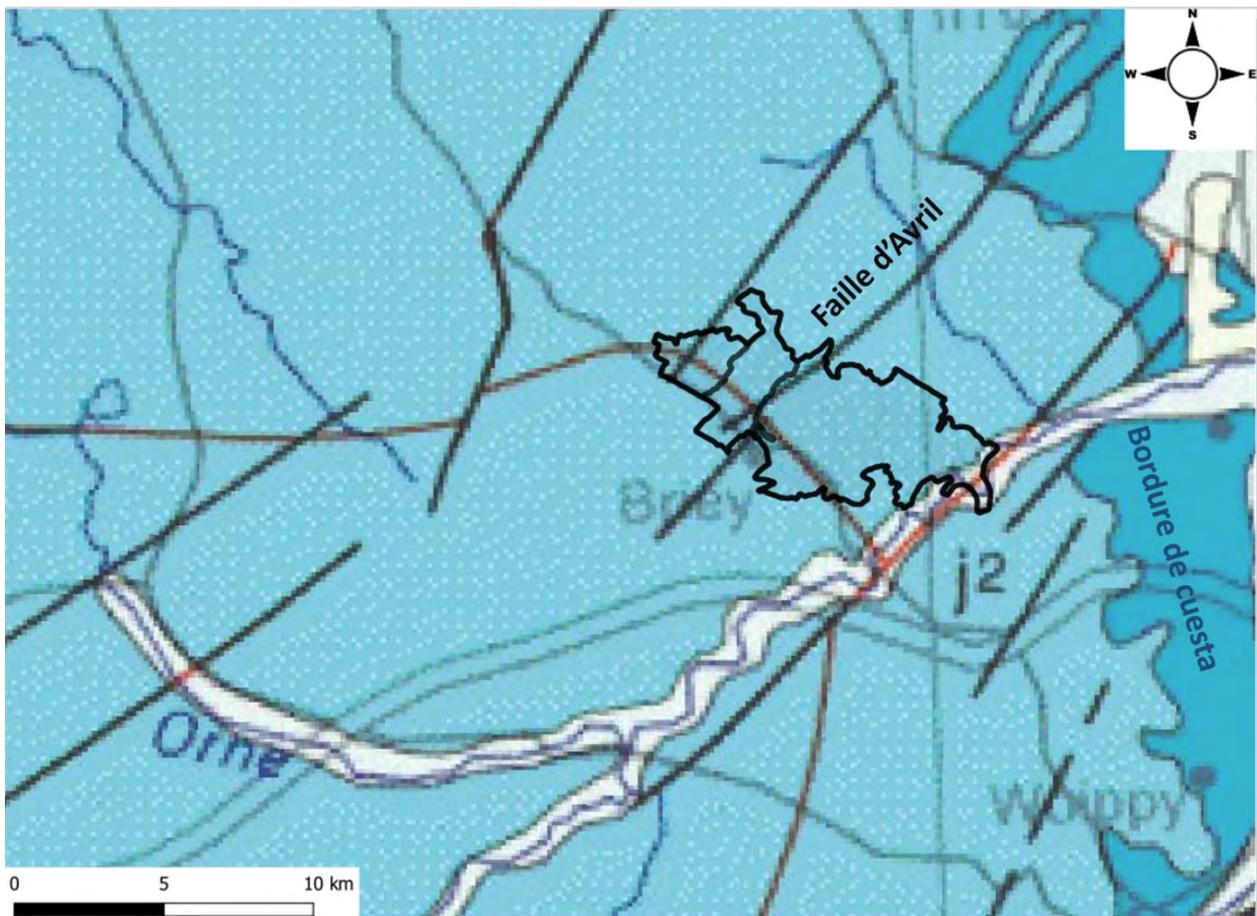


Illustration 5 – Extrait de la carte géologique au 1 :1 000 000^{ème} aux alentours du val de Briey

Une faille N40°, appelée la faille d'Avril et marquant la limite de commune Briey/Mance, abaisse le compartiment nord-ouest et marque la topographie d'un grand versant exposé vers le nord-ouest. Le plateau calcaire, au sud-est, laisse ainsi place à des collines marno calcaires au nord-ouest de la faille. Ces collines marneuses font partie d'un graben (structure montrant un abaissement par rapport aux terrains alentours et délimitée par des failles normales) délimité au nord-ouest par une faille parallèle à celle d'Avril, non continue (faille de Lubey-Immonville), abaissant les terrains du sud-est.

La région est également affectée de plis de grande longueur d'onde et de faible amplitude correspondant au synclinal du Luxembourg dans l'axe de Briey, orienté N40°.

1.4. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le territoire s'inscrit dans le bassin versant de la Moselle. Le principal aquifère du secteur d'étude est celui des calcaires du Bajocien, nommé également aquifère du Dogger et surmonté de nappes discontinues (Illustration 6).

Les calcaires du Bajocien forment un réservoir fissuré, karstifié, reposant sur les marnes micacées qui constituent le mur de l'aquifère. Les exploitations minières de la minette de Lorraine entraînent un drainage de ce puissant réservoir au niveau de la formation du minerai de fer de l'Aalénien.

Des nappes perchées et discontinues sont également présentes dans les versants, elles correspondent à l'aquifère des oolithes avec passées marneuses (oolithe de Jaumont et oolithe de Doncourt) formant des écrans plus ou moins perméables. La majorité du territoire du Val de Briey est concernée par la présence de ces nappes surmontant la nappe principale des calcaires du Bajocien et en lien potentiel avec elle.

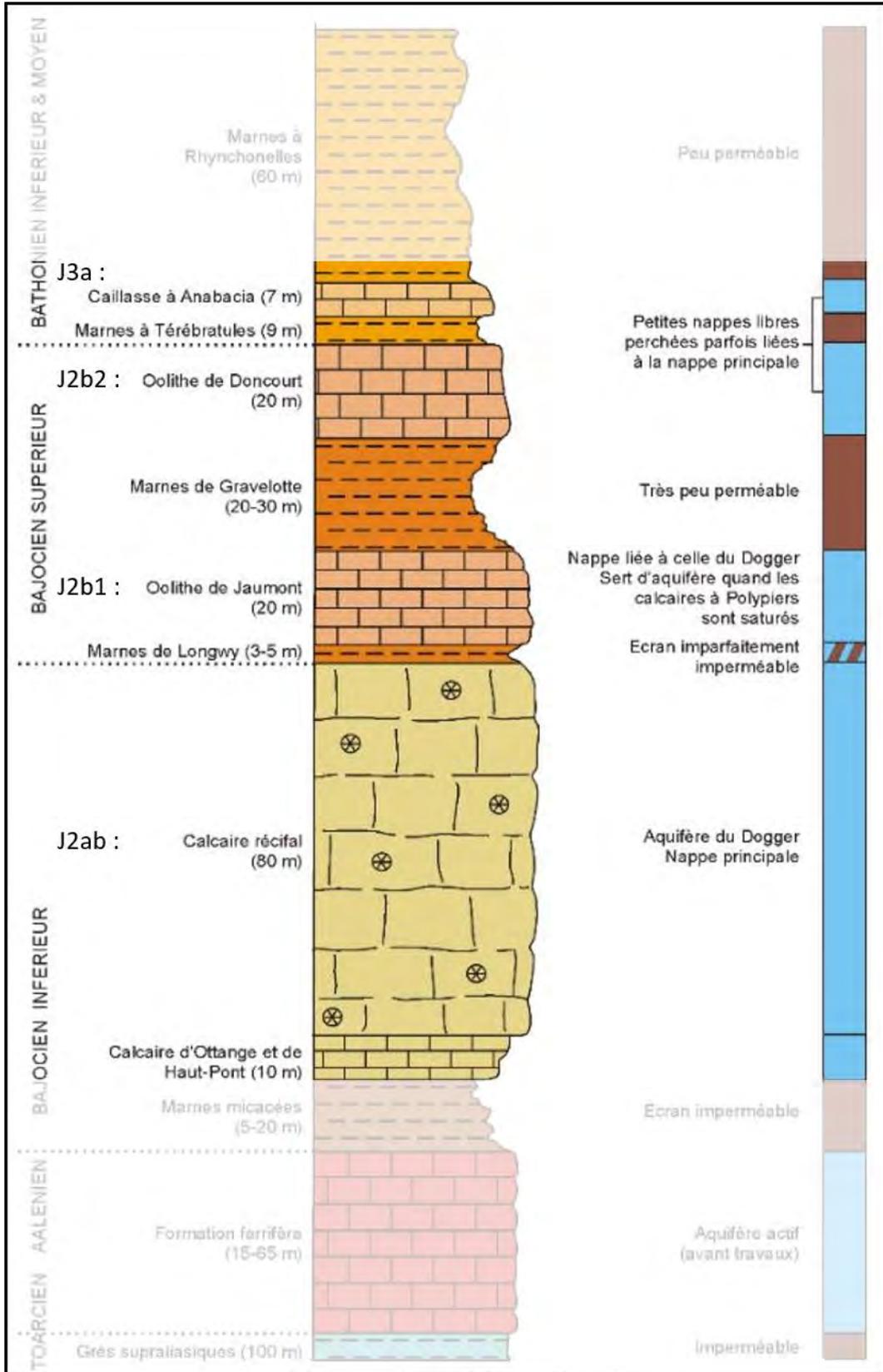


Illustration 6 – Coupe géologique et hydrogéologique des Calcaires du Dogger (source Kimmel, 2000 - complété BRGM 2007)

2. Collecte et structuration des données

La phase documentaire est couplée par une reconnaissance de terrain afin de préciser la nature et la géométrie des mouvements historiques, mais également d'identifier les indices d'éventuelles instabilités non reconnues lors de l'enquête préliminaire. Cet inventaire a été réalisé uniquement pour l'aléa chutes de blocs. La collecte des informations disponibles (données et observations) s'appuie sur :

- la Banque de données du Sous-Sol (BSS) gérée par le BRGM (<http://infoterre.brgm.fr/>) ;
- les archives du BRGM (rapports, cartes géologiques) ;
- les archives communales disponibles dans les locaux du BRGM à Nancy ;
- la base de données mouvement de terrain du portail Géorisque (<http://www.georisques.gouv.fr/>) ;
- la réalisation d'une campagne d'acquisition sur site, de photographies et d'un levé LIDAR par hélicoptère en avril 2019.

2.1. LEVE LIDAR

Les zones urbanisées ont fait l'objet d'un levé LIDAR¹ (caractérisation topographique haute résolution) aéroporté par l'entreprise Helimap en avril 2019. Les caractéristiques de l'acquisition LIDAR sont les suivantes :

- hauteur de vol : 360 m ;
- vitesse de vol : 15 m/s ;
- densité de points : 20 pts/m² ;
- Précision : < 5-7 cm en altimétrie et 10 cm en planimétrie.

Un Modèle Numérique de Surface (MNS, représentation 3D de la surface topographique et du sursol, incluant végétation, bâtiments...) et un Modèle numérique de terrain (MNT, représentation 3D de la surface topographique naturelle) ont été réalisés à partir des données LiDAR. Les modèles résultants ont une résolution de 0,5 m (illustration 7)

¹ Light Detection And Ranging

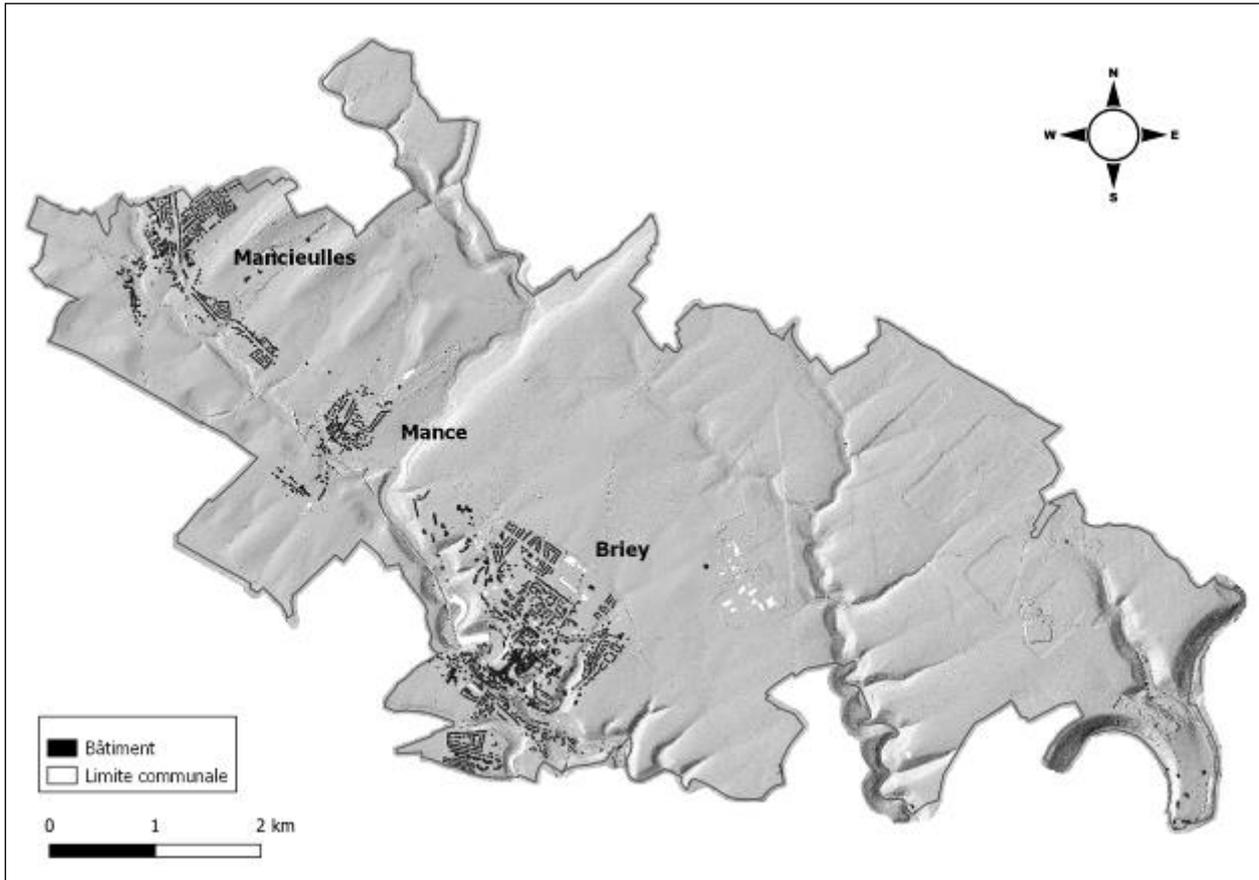


Illustration 7 – Modèle numérique de surface ombragé obtenu à partir du levé LIDAR au pas de 0,5 m avec représentation des enjeux (BD Topo).

Une évaluation de la pente a été calculée à partir du MNT LIDAR (Illustration 8).

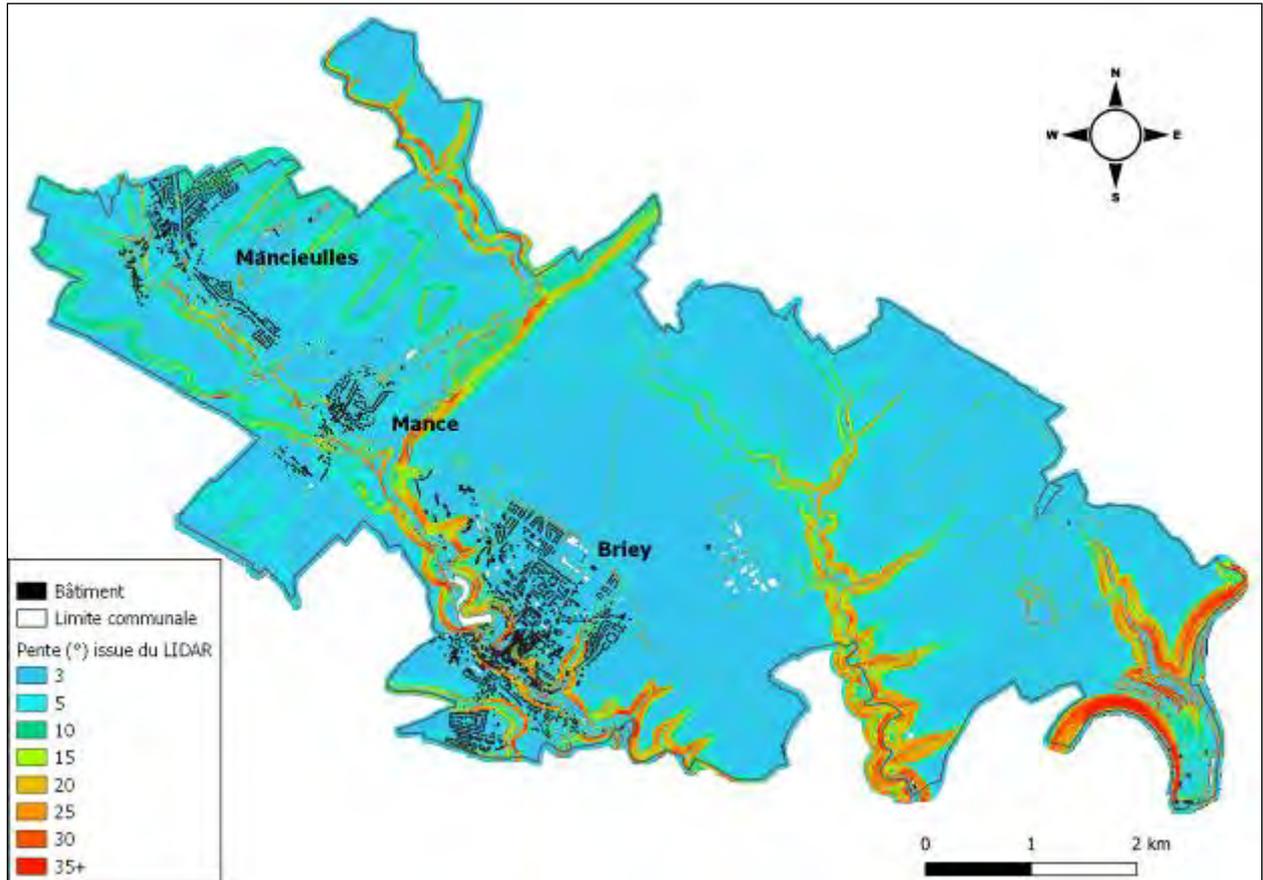


Illustration 8 – Cartographie des pentes à partir du levé LIDAR au pas de 1 m avec les enjeux (BD topo).

2.2. INVENTAIRE DES PHENOMENES DE CHUTES DE BLOCS

Les données sur les phénomènes observés sur le terrain ou issues de la bibliographie ont été inventoriées, et sont représentées sur la carte des phénomènes historiques (Illustration 9). Chaque phénomène est caractérisé par un code qui renvoie à un affleurement qui a été décrit (annexe 3). La commune de Val de Briey recense 37 phénomènes de chute de blocs.

La commune a fait l'objet, à ce jour, d'un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle pour des phénomènes de mouvements de terrain sur le Journal Officiel du 30-déc-1999 sans que le phénomène en question ne soit décrit précisément (tempête de 1999).

2.3. PHENOMENE DE CHUTE DE BLOCS

Trente-sept phénomènes de chute de blocs ont été répertoriés au cours des visites de terrain sur la commune. Parmi les événements de chute de blocs répertoriés, certains présentés ci-après, sont représentatifs du type d'évènements attendus en fonction des caractéristiques de la zone de départ, l'ensemble des phénomènes sont repris dans le tableau descriptif (illustration 10).

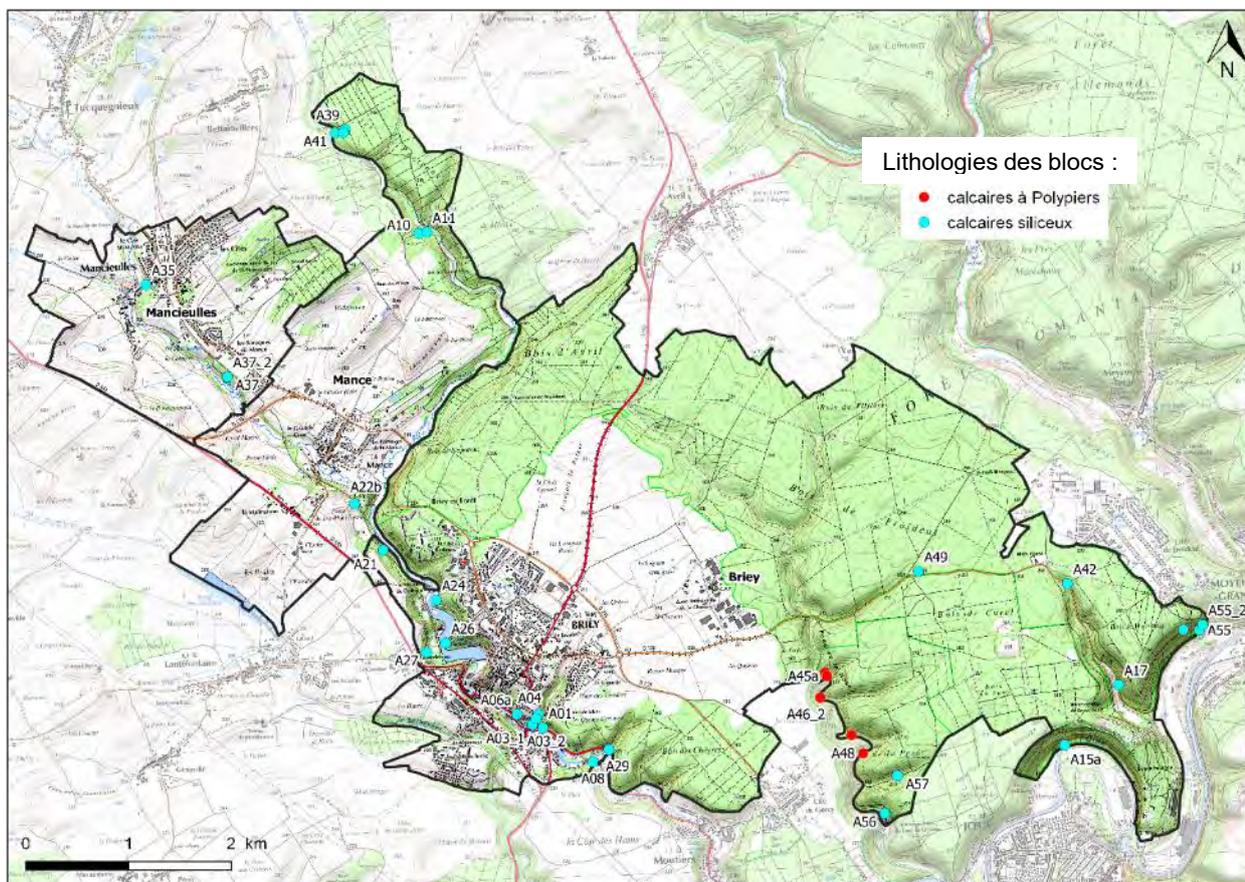


Illustration 9 - Localisation des principaux événements de chutes de blocs répertoriés (Scan25, IGN). Les numéros renseignés correspondent aux identifiants d’affleurements (annexe 3) repris en partie pour identifier les blocs (tableau suivant)

Dans la suite de ce rapport, une distinction sera faite entre les falaises, représentant un affleurement rocheux d’au moins 3 m de haut, et les corniches, dont la hauteur ne dépasse pas 3 m. Ces termes sont choisis ici arbitrairement afin de simplifier la lecture.

Identifiant	Date	Volume (m ³)	Source	Lithologie
A01	Non daté – antérieur à 2005	inconnu	BD MVT	calcaire siliceux à bancs métriques
A03_1	Non daté – antérieur à 2021	0,10	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A03_2	Non daté – antérieur à 2021	0,07	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A03_3	Non daté – antérieur à 2021	0,15	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques

Identifiant	Date	Volume (m ³)	Source	Lithologie
A04	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A05	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A06a	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A08	Non daté – antérieur à 2021	0,25	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A10	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A11	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A15a	Non daté – antérieur à 2021	0,07	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A17	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A21	Non daté – antérieur à 2021	0,36	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A22b	Non daté – antérieur à 2021	0,07	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A24	Non daté – antérieur à 2021	0,04	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A26	Non daté – antérieur à 2021	0,02	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques

Identifiant	Date	Volume (m ³)	Source	Lithologie
A27	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A29	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A35	Non daté – antérieur à 2021	0,03	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A37	Non daté – antérieur à 2021	0,03	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A37_2	Non daté – antérieur à 2021	0,02	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A39	Non daté – antérieur à 2021	0,11	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A40	Non daté – antérieur à 2021	0,15	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A41	Non daté – antérieur à 2021	0,04	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A42	Non daté – antérieur à 2021	0,02	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A44	Non daté – antérieur à 2021	4,5	Terrain de 2021	calcaire à polypiers
A45a	Non daté – antérieur à 2021	0,30	Terrain de 2021	calcaire à polypiers
A46_1	Non daté – antérieur à 2021	0,36	Terrain de 2021	calcaire à polypiers

Identifiant	Date	Volume (m ³)	Source	Lithologie
A46_2	Non daté – antérieur à 2021	0,16	Terrain de 2021	calcaire à polypiers
A47	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire à polypiers
A48	Non daté – antérieur à 2021	0,10	Terrain de 2021	calcaire à polypiers
A49	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A50	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques
A55	Non daté – antérieur à 2021	0,14	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A55_2	Non daté – antérieur à 2021	0,14	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A56	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs métriques
A57	Non daté – antérieur à 2021	0,05	Terrain de 2021	calcaire siliceux à bancs décimétriques

Illustration 10 – Liste des phénomènes de chute de blocs historiques sur la commune de Val de Briey

2.3.1. Falaises ou corniches de calcaires siliceux et bioclastiques

Les calcaires siliceux et bioclastiques sont les lithologies les plus représentées sur la commune de Val de Briey. Il s'agit donc des lithologies les plus génératrices de chutes de blocs rocheux. Sur 37 des phénomènes recensés, 31 concernent directement ces faciès lithologiques. Les volumes mobilisés sont variables et leurs dimensions sont localement contrôlées par :

- La puissance des bancs, qui peuvent être d'ordre métrique ou décimétrique, avec parfois des débits en plaquettes ;
- La fracturation : selon sa densité, l'orientation des fractures et leur ouverture. On observe sur de nombreux affleurements une à plusieurs familles de fractures subverticales non colinéaires à la falaise, parfois perpendiculaires entre elles ;
- L'érosion différentielle des bancs plus marneux à l'origine de nombreux surplombs des bancs calcaires dans les formation marno-calcaires.

a) *Phénomènes A03 : deux ruptures de surplombs en zone urbanisée.*

Cette chute de bloc s'est produite en bord de route sur l'avenue de la République en zone urbanisée. L'évènement a eu lieu pendant la période hivernale de 2020, entre les mois de novembre 2020 et février 2021, mois au cours duquel l'évènement a été constaté lors d'une visite terrain. Deux blocs en surplomb se sont détachés au pied d'une falaise de 6 mètres de hauteur consistant en des bancs métriques de calcaire siliceux (illustration 11) :

- Le premier bloc, encore visible sur place au moment de la visite, a un volume d'environ 75 litres (0,075 m³), et s'est arrêté juste en pied de falaise, au niveau du trottoir ;
- Le second bloc n'était plus présent au moment de la visite. Son volume est estimé à au moins 150 litres (0,150 m³). Il semble que le bloc ait simplement basculé sans propagation, comme en témoigne la potentielle trace d'arrêt encore visible sur place au moment de la visite de terrain en février 2021 ;
- La zone de propagation est restreinte pour ces blocs, leur hauteur de chute étant faible. Un évènement similaire est envisageable depuis les mêmes couches géologiques de l'affleurement qui se retrouvent davantage en hauteur sur la partie ouest de l'affleurement. Une telle chute de bloc pourrait alors se propager au-delà du trottoir, jusqu'à la route.

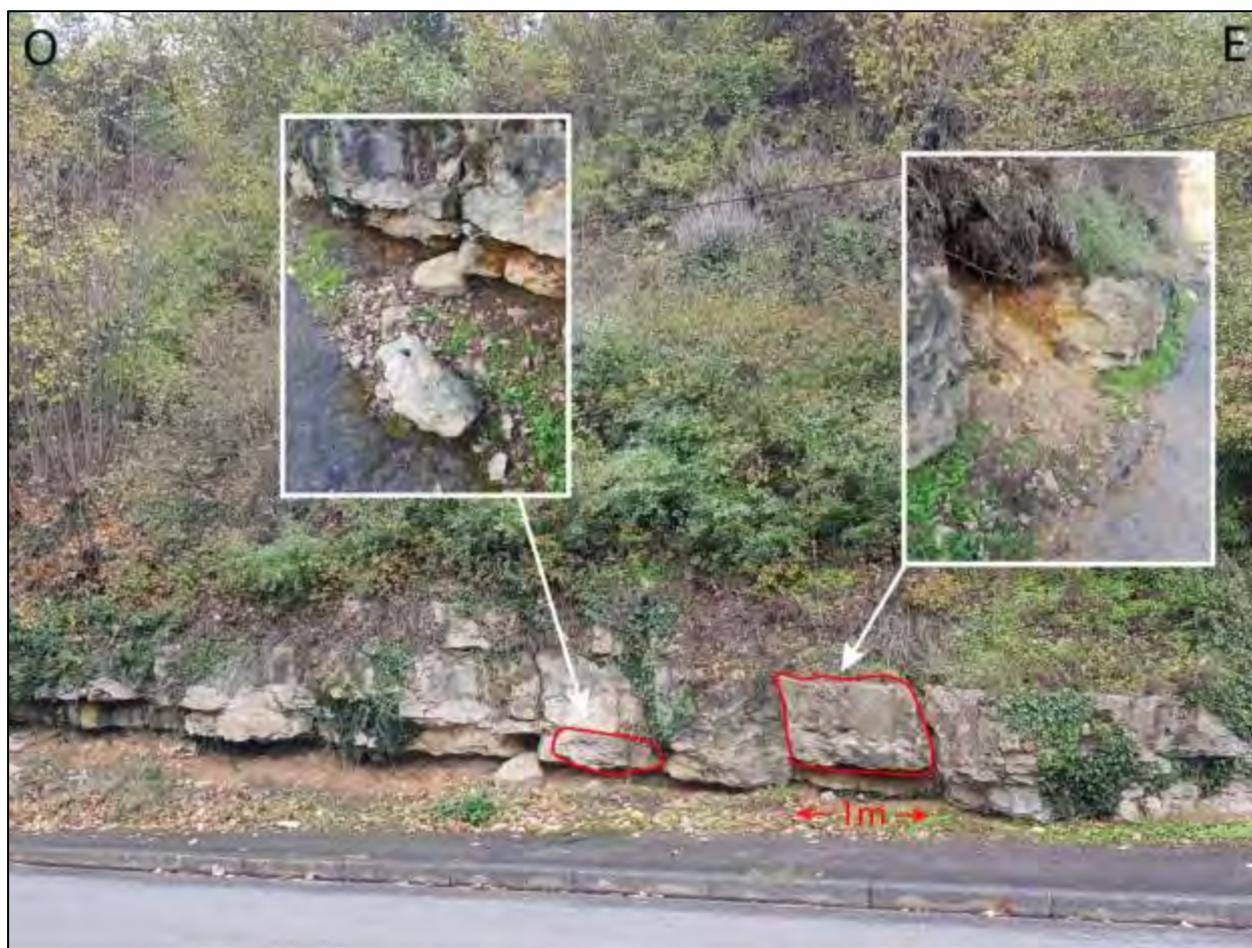


Illustration 11 - Photo de l'affleurement A03 avant que l'événement ait eu lieu avec une comparaison des chutes de blocs relevées en février 2021. Les blocs sont d'environ 75 L (gauche) et d'environ 150 L (droite).

b) Phénomène A15a : chute de bloc depuis une corniche calcaire à bancs décimétriques très fracturée.

Ce versant se situe au sud-est de la commune de Val de Briey, au bord du fleuve de l'Orne. La corniche à l'origine de cet événement atteint 2 mètres de hauteur et est située à 10 à 12 mètres de haut dans un versant fortement pentu de 35° en moyenne (~ 70 %). L'affleurement correspond à un calcaire à bancs décimétriques présentant des surplombs et fortement fracturé avec une famille de fractures subverticales ayant une orientation préférentielle non colinéaire avec la direction de l'affleurement.

Un bloc de 75 L a été identifié en pied de ce versant au niveau du chemin longeant celui-ci. Il ne semble pas avoir subi de déplacement ultérieur.

De nombreux blocs de plus petit volume (30 – 50 L, illustration 12) ont également été identifiés dans le versant et au-delà du chemin qui longe ce dernier.



Illustration 12 – Bloc de volume inférieur à 50 L au sein du versant de l’affleurement A15a.
Photo BRGM (2021)

c) *Phénomène A21 : chute de plusieurs blocs au niveau d’un versant en forme d’escalier*

- Ce versant se situe au niveau de la Voie Verte à proximité du ruisseau du Woigot, il présente une succession de corniche de 1 à 2 mètres de hauteur sur une hauteur totale de 5 mètres avec une pente moyenne de 40° (~ 80 %). Ce type de versant sera qualifié d’ « en escalier » dans la suite de ce rapport ;
- La corniche qui a généré cet évènement se trouve à environ 3 mètres de hauteur. Il s’agit d’un calcaire bioclastique lité qui présente deux familles de fractures subverticales non colinéaires à l’orientation moyenne de la corniche, et qui présente aussi de nombreux surplombs dûs à l’érosion différentielle des bancs plus marneux. L’évènement correspond à un éboulement de volume total d’environ 600 litres (illustration 13) avec plusieurs blocs de volume unitaire allant de 50 à 150 litres (0,05 à 0,15 m³) ainsi qu’un bloc de 360 litres (0,36 m³) ;

- Le mécanisme de rupture de ce dernier bloc est représentatif des événements qui peuvent se produire de ce type de versant, à savoir : une rupture en surplomb avec un bloc qui bascule et se propage le long de la pente. Ces blocs peuvent s'arrêter en milieu de versant ou se propager jusqu'au pied de celui-ci.



Illustration 13 - Photo de l'éboulement identifié au niveau de l'affleurement A21 surplombant la voie verte. Bloc de référence d'environ 360 L au premier plan. Photo BRGM (2021)

d) Phénomène A22b : Eboulement de plusieurs blocs au niveau d'un versant en forme d'escalier.

- Cet événement s'est produit sur la Voie Verte du côté de Mance. Il concerne un versant en escalier de 10 mètres de hauteur ayant une pente moyenne de 35° (~ 70 %). L'affleurement est constitué de calcaire bioclastique à bancs décimétriques, avec par endroit un débit en plaquette. Deux familles de fractures subverticales et non colinéaires aux corniches délimitent de nombreux blocs instables de petits volumes (inférieurs à 250 litres) ;

- Plusieurs blocs d'une centaine de litres ($\sim 0,1 \text{ m}^3$) se sont éboulés et arrêtés en milieu de versant (illustration 14), pour un volume total d'environ 500 litres. Le mécanisme à l'origine de cet éboulement est incertain, la zone de départ des blocs n'ayant pas pu être identifiée ;
- De nombreux blocs de plus petits volumes, allant de 20 à 100 litres, ont également été observés tout le long de ce versant, certains en atteignant le pied (ayant pu être déplacés pour dégager la Voie Verte). Pour la plupart de ces blocs, le mécanisme de rupture semble similaire à ce qui a été observé pour le phénomène A21, avec des blocs s'étant propagés le long du versant.



Illustration 14 - Photo d'un éboulement de plusieurs blocs d'environ 500 L de volume total avec des volumes unitaires d'environ 100 L, arrêtés au milieu d'un versant en forme d'escalier.

Photo BRGM (2021)

e) *Phénomène A35 : chute de pierres depuis une corniche calcaire à bancs décimétriques*

- Cette chute de bloc s'est produite sur la commune de Mancieulles, au bord de la rue de Douaumont. La roche affleure sur 2 mètres de hauteur à cet endroit, avec un replat prononcé en pied de versant (illustration 15). L'affleurement concerne des calcaires bioclastiques à bancs décimétriques et montre un débit en plaquettes de la roche sur sa partie supérieure ;
- De nombreuses pierres de moins de 30 litres de volume ont été identifiées au pied du versant. Ces chutes résultent de la fracturation du calcaire et de son débit en plaquette ;
- Ce type d'événement est représentatif de ce qui a pu être observé sur des affleurements similaires.



*Illustration 15 - Photo de l'affleurement A35, présentant en pied des blocs de petits volume.
Photo BRGM (2021)*

2.3.2. Corniches de calcaire à polypiers

Les affleurements de calcaires à polypiers ne sont présents qu'à l'est de la commune de Val de Briey, sur les versants de la vallée de l'Orne et la vallée latérale du Fond de la Noue.

Ces calcaires de teinte grise sont massifs et présentent un comportement noduleux, dû à la présence de biohermes polypiers coloniaux organisés en boules, détachant des blocs de petits volumes. Les affleurements de ce type de formation présentent bien souvent des surplombs importants, parfois métriques, dû à un phénomène d'érosion différentielle. Associé à de la fracturation, ils peuvent générer des éboulements pouvant atteindre plusieurs mètres cubes.

Sur certains affleurements, on observe une variation latérale de faciès avec des calcaires progressivement de plus en plus bioclastiques (débris coquillers, entroques). Ils sont alors davantage affectés par des familles de fractures subverticales que le faciès à polypiers.

Les affleurements de cette lithologie se manifestent principalement sur le terrain par des corniches de faible hauteur ou en association avec un calcaire siliceux sur des falaises.

a) *Phénomène A44 : rupture de surplomb au niveau d'une corniche de faible hauteur*

La corniche se situe le long du chemin du fond de la Noue et fait 1 à 2 mètres de hauteur à environ 2 mètres de haut dans un versant présentant une pente de 20° en moyenne. L'affleurement est constitué d'un calcaire gris noduleux affecté par quelques fractures et présentant des surplombs (illustration 16).

L'événement correspond à un bloc de près de 4,5 m³ qui s'est détaché et fiché au pied de la corniche (illustration 17 et 18). La zone potentielle de départ de ce bloc montre une fracture marquée, subverticale et colinéaire à la paroi et laisse imaginer que le bloc était en surplomb. La zone d'atterrissage est un versant de faible pente et de faible hauteur, constitué d'un sol végétal ayant amorti la chute et limité la propagation.

Un bloc instable de plusieurs mètres cubes a été observé dans la continuité de la surface de rupture. Il est susceptible de chuter à long terme, affecté par la même fracture et montrant un léger surplomb.

Cet événement représente le plus gros volume de bloc unitaire éboulé sur la commune de Val-de-Briey.



*Illustration 16 - Photo de la corniche génératrice du bloc de 4,5 m³ visible au premier plan.
Photo BRGM (2021)*



Illustration 17 - Photo du bloc de 4,5 m³. BRGM (2021)



Illustration 18 - Photo de la zone de départ de l'évènement montrant un bloc potentiellement instable encore en place. BRGM (2021)

b) Phénomène A46 : chute de deux blocs avec propagation jusqu'en pied de versant

L'évènement s'est produit le long du chemin du Fond de la Noue, au milieu d'une corniche de 3 mètres de hauteur avec un versant de faible pente en pied de corniche. L'affleurement correspond à un calcaire à polypiers et débris coquillers, affectés par des fractures et présentant des surplombs.

On trouve en pied de ce versant deux blocs de 350 et 160 litres respectivement, fichés dans le sol (illustration 19). Le mécanisme à l'origine de ces chutes de blocs correspond probablement à l'association du surplomb et de la fracturation.

Ce mécanisme est représentatif de ce qui peut se produire sur ce type d'affleurement, notamment en ce qui concerne les chutes de blocs de gros volumes (supérieurs à 250 litres).



Illustration 19 - Photo de l'affleurement A46 montrant deux blocs éboulés en pied de versant, à proximité du chemin. BRGM (2021)

- c) *Phénomène A48 : chutes de blocs de faibles volumes issues des corniches de calcaires à polypiers.*

L'affleurement se trouve le long d'un chemin au Nord de l'ancienne mine du Fond de la Noue et correspond à une corniche de 2 à 3 mètres de hauteur avec un replat marqué en pied. Il est constitué de calcaires à polypiers et débris coquillers noduleux affectés de familles de fractures subverticales dont une est parallèle à l'affleurement qui présente de nombreux surplombs. Plusieurs blocs de moins de 50 litres ainsi que quelques blocs d'environ 100 litres ont été identifiés en pied de versant, n'atteignant jamais le chemin (illustration 20).



Illustration 20 - Photo de l'affleurement A46 avec au premier plan un bloc de 70 litres tombé au pied de celui-ci. BRGM (2021)

3. L'aléa chute de blocs et éboulement – Définition

3.1. TERMINOLOGIE

Les chutes de blocs, de pierres, les éboulements ou les écroulements sont des mouvements gravitaires avec une cinétique rapide (rupture généralement brutale et propagation à vitesse élevée). Ces mouvements sont toujours liés à une situation de déséquilibre gravitaire entraînant un réajustement des contraintes au sein du massif rocheux. Les chutes de blocs affectent principalement les affleurements rocheux à parois verticales, constituées de matériaux rigides et fracturés. Les éléments éboulés sont des blocs rocheux de volumes variables pouvant se propager en pied de falaise.

Les phénomènes sont décrits au regard des volumes mobilisés.

La classification des phénomènes à l'origine de l'aléa rocheux est élaborée à partir des volumes totaux éboulés et des volumes unitaires concernés (LCPC, 2004, Guide PPR 1999, illustration 21) :

Ecroulement (éboulements en grande masse)	Eboulement rocheux (éboulement en masse)	Chute de blocs	Chutes de pierres
Plusieurs dizaines de milliers de mètres cubes > 10 000 m ³	Quelques centaines de mètres cubes 100 à 10 000 m ³	Jusqu'à une centaine de mètres cubes < 100 m ³	Jusque quelques mètres cubes de pierres < 10 m ³

Pierres	Blocs	Gros blocs
Inférieur à quelques dm ³	Quelques m ³	Quelques dizaines de m ³
0,05 m ³ (50 l)	jusque 10 m ³	> 10 m ³

Illustration 21 – Terminologie de l'aléa rocheux en fonction des volumes mobilisés totaux (haut) et unitaires (bas)

On distingue donc le volume unitaire (c'est-à-dire, le volume moyen des blocs rocheux de l'événement considéré) du volume total mobilisé par l'événement.

Les chutes de pierres ou de masses rocheuses se produisent sous l'action de la gravité et de l'altération d'une paroi rocheuse par différents agents d'érosion. Les chutes régulières de pierres mènent à la formation d'éboulis (accumulations de matériel détaché en pied d'escarpement).

Les écroulements en masse (aussi nommés éboulements en masse) et les écroulements en grande masse, concernent des volumes totaux importants pouvant représenter jusqu'à plusieurs millions de mètres-cubes de matériel. La distinction entre ces deux phénomènes se base globalement sur le volume mobilisé (éboulement en masse -ou écroulement en masse- quand le volume éboulé est compris entre 100 m³ et 10 000 m³, écroulement en grande masse au-delà de 10 000 m³) mais également sur les modes de propagation. Les distances de propagation observées pour des écroulements en grand masse sont généralement plus importantes que celles d'éboulements de plus faibles volumes, toutes choses égales par ailleurs (forme de la topographie, nature des sols, etc.). Ces différences sont attribuées à différents phénomènes physiques intervenant durant la phase de propagation : échauffement des matériaux, collisions entre blocs, présence d'eau au sein de la masse éboulée, etc.

3.2. EVOLUTION VERS LA RUPTURE

L'évolution progressive d'un compartiment rocheux jusqu'à sa rupture peut être exprimée par le rapport entre les forces résistantes qui s'opposent au mouvement (résistance à la rupture des matériaux, friction, etc.) et les forces motrices qui participent à la mise en mouvement (gravité, séismes, effets de la pression interstitielle, etc.). Sans intervention humaine, les forces de résistance diminuent au cours du temps sous l'influence progressive et/ou brutale de facteurs externes (lessivages des matériaux de remplissage d'une fissure avec la pluie, endommagement brutal de la roche sous sollicitation sismique, gel d'eau favorisant l'expansion d'une fissure, etc.). La stabilité du versant perdure tant que les forces résistantes sont supérieures aux forces motrices. Dès qu'elles deviennent plus faibles, passant en-dessous du seuil de stabilité, la masse concernée se décroche de son support et se met en mouvement.

3.3. FACTEURS INTERVENANT DANS LE CHUTE DE BLOCS

Chaque mouvement de terrain résulte du rééquilibrage gravitaire d'un versant. Les versants présentant une prédisposition au déséquilibre ont une pente généralement forte. Des périodes de stabilité provisoires, plus ou moins longues (pouvant dépasser une vie humaine), séparent les périodes brèves de déséquilibre. Le déclenchement d'un mouvement de terrain est toujours lié à une situation de déséquilibre gravitaire entraînant un réajustement.

Pour les éboulements, on identifie rarement un facteur de déclenchement unique. C'est généralement la répétition des sollicitations dans le temps (mise en charge par les eaux souterraines, cycles gel/dégel, etc.) qui permet la fatigue du matériau et une évolution vers la rupture. On présente généralement les facteurs de prédispositions en deux catégories : 1) les facteurs intrinsèques au massif rocheux (résistance de la roche, familles de fractures, relief, etc.) et 2) les facteurs environnementaux (gel, pluie, séismes...). On désigne, lorsqu'on l'identifie, l'ultime sollicitation qui permet la rupture sous le terme de facteur déclenchant.

On distingue les facteurs environnementaux qui induisent une évolution lente des forces résistantes (sollicitation cycliques du vent, de la houle, de la température, etc.), des facteurs qui provoquent une diminution soudaine des forces résistantes (tempête, séismes, etc.). Ces différents types de facteurs sont détaillés en Annexe 1.

3.4. TYPOLOGIE DES RUPTURES

Les observations sur le terrain et l'analyse des événements passés mettent en évidence différents mécanismes de rupture (illustration 22).

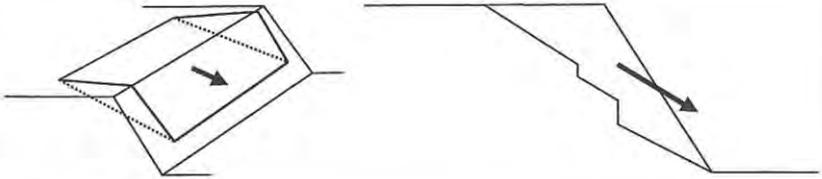
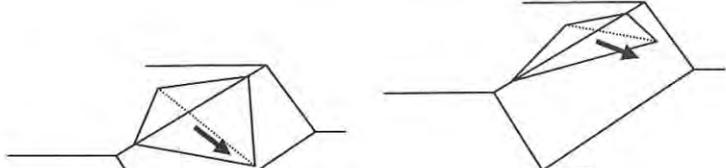
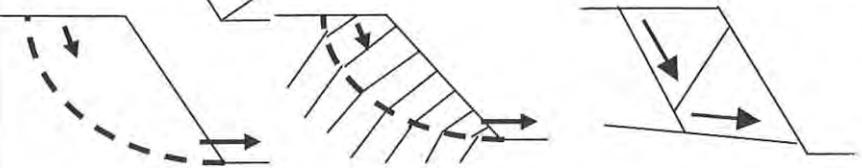
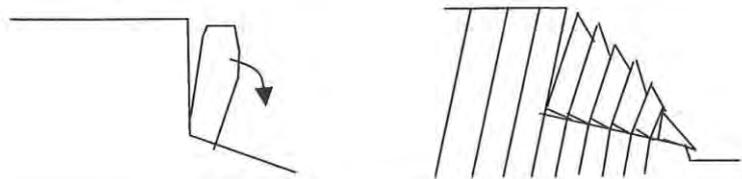
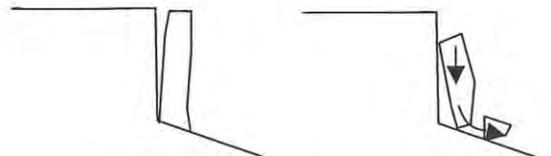
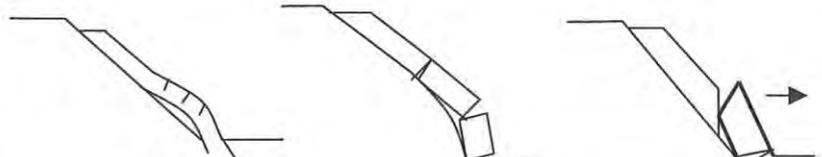
Configurations / mécanismes	Mécanisme d'instabilité
	Glissement plan Gp
	Glissement dièdre ou plan Gd
	Glissements rotationnel et fractionné Gr
 <p>Configuration plutôt verticale (rupture en cisaillement)</p> <p>Configuration plutôt horizontale (rupture en traction)</p>	Rupture de surplomb S
	Basculement de colonne ou de blocs Cb
	Rupture de colonne en pied Cp
	Rupture de banc (par flambage ou sur fracture) Bf

Illustration 22 – Schéma des principaux mécanismes de rupture (Dussauge-Peisser, 2002)

La typologie des phénomènes concernés dans le val de Briey identifie deux grands types de ruptures :

- les glissements plans ou dièdres ;
- les ruptures de surplombs.

Les glissements plans ou dièdres

Il s'agit du mécanisme le plus souvent observé mais générant principalement des volumes de 50 à 350 litres, voire 500 L au maximum. Ce phénomène est dû à la forte densité de fractures affectant la plupart des corniches et falaises calcaires sur le périmètre d'étude. Il est systématiquement présent dans les versants dit « en escalier » qui représentent des versants très évolués (*i.e.* ancienne falaise couchée, actuellement sous forme d'un versant rocheux) à la topographie irrégulière et présentant une faible épaisseur de couche d'altération (illustration 23).



Illustration 23 – Exemple d'un versant rocheux en escalier (Affleurement A22 à gauche) et de l'état de fracturation et d'altération des calcaires en surface (Affleurement A42 droite). BRGM (2021)

Les ruptures de surplombs

L'érosion différentielle des bancs plus marneux sont à l'origine de nombreux surplombs des bancs calcaires dans les formation marno-calcaires (illustration 24). Ce n'est pas le mécanisme le plus fréquent mais ce mécanisme de rupture produit les plus gros volumes parmi les phénomènes observés. Les volumes peuvent varier de quelques centaines de litres à plus de 4 m³ (phénomène A44).



Illustration 24 – exemple de mise en surplomb d'un niveau calcaire sur l'affleurement A01 le long de la D643 à Briey. BRGM (2021)

4. Evaluation de l'aléa chute de blocs

4.1. METHODOLOGIE GENERALE

La méthode valorisée dans le cadre du présent programme est issue des résultats à paraître d'un groupe de travail sur l'évaluation de l' « aléa rocheux » dans le cadre d'un PPRn (MEZAP)². Cette méthode en cours de déploiement vise à harmoniser les pratiques pour la cartographie de cet aléa sur l'ensemble du territoire français. Le cas échant, la méthode MEZAP peut être adaptée au contexte local. S'agissant d'une méthode en cours de révision, la méthode appliquée ici est celle issue des groupes de travail de 2013.

L'évaluation et la cartographie de l'aléa chute blocs nécessite de définir 3 indices qualitatifs pour chaque zone de départ :

- l'indice d'intensité : volume unitaire susceptible d'être mobilisé, après fragmentation ;
- l'indice d'activité : fréquence à laquelle un bloc d'un certain volume peut se détacher ;
- la probabilité d'atteinte : étendue de la propagation.

En termes pratiques, l'évaluation de l'aléa chute de blocs se décompose en 3 étapes :

- Étape n°1 : Caractérisation des zones de départ (section 4.1.1)
 - reconnaissance préliminaire des zones de départ ;
 - validation terrain et définition de zones de départ homogènes. Ces zones regroupent des linéaires d'affleurements sur lesquels est défini un même scénario de référence ;
 - caractérisation des indices d'intensité et d'activité, pour chaque zone homogène, ce qui définit le **scénario de référence**. Ce scénario est caractérisé par **le volume unitaire du plus gros bloc susceptible de se propager et est caractérisé par une fréquence de retour de 1 à 100 ans**. Il est défini par l'expert à partir des phénomènes historiques et des observations de terrain. Ce scénario de référence peut correspondre soit au plus gros événement historique connu, soit au phénomène le plus impactant identifié sur le terrain ;
- Étape n°2 : Évaluation de l'étendue de la propagation des blocs (probabilité d'atteinte) (section 4.1.2) ;
- Étape n°3 : Évaluation et cartographie de l'aléa chute de blocs (section 4.1.3).

L'approche utilisée pour l'évaluation de l'aléa de référence est de type expert. Cette analyse est basée sur des relevés géotechniques visuels des affleurements (fracturation, altération, etc.) et en fonction des documents d'archives et de l'inventaire des phénomènes historiques. Les données analysées sont uniquement qualitatives, aucun essai de laboratoire ou in situ n'est réalisé dans le cadre de ce projet. Chaque site fait l'objet de visites de terrain afin d'identifier les instabilités visibles en paroi, et de collecter les informations nécessaires à l'évaluation des probabilités de départ et d'atteinte ainsi que des volumes mobilisables.

² MEZAP : groupe de travail réuni sous l'autorité du MEDDE pour la détermination d'une Méthodologie de Zonage de l'Aléa chute de Pierres, piloté par IRSTEA

L'analyse réalisée s'est cependant appuyée sur une étude statistique de données empiriques afin de définir l'étendue de propagation des blocs.

Dans un second temps, un recouplement des zones d'aléa avec les enjeux, identifiés à partir des données cadastrales de l'IGN, a permis de cartographier des zones de risques, classifiées selon le nombre ou la surface des enjeux touchés.

4.1.1. Caractérisation des zones de départ

Les zones de départ correspondent à des affleurements rocheux susceptibles de générer des chutes de blocs. Elles sont définies à partir de l'analyse des données topographiques et des reconnaissances de terrain.

La méthodologie MEZAP propose de classer les zones de départ en zones homogènes en fonction de la lithologie et des caractéristiques géotechniques des affleurements (fracturation, morphologie, ...). Pour chaque zone, des scénarios de chute de blocs sont identifiés, basés sur un volume unitaire susceptible de se propager (**indice d'intensité**) et sa probabilité de départ (**indice d'activité**).

- **Indice intensité** : définit ce qui peut être mis en mouvement. C'est la quantité de roche, exprimée en volume, qui peut être déstabilisée et mise en mouvement. Les volumes potentiellement mobilisables (définis après fragmentation en cours de propagation de la masse au départ) conditionnent directement l'intensité attendue des phénomènes, qualifiée par un **indice d'intensité**. Cette intensité est associée à l'endommagement potentiel des enjeux de type bâtiment engendrés par leur atteinte. Le niveau d'intensité du phénomène est défini à partir de la méthode MEZAP (illustration 25).

Indice d'intensité	Volume unitaire pouvant se propager (m ³)	Potentiels de dommages
Faible	Volume < 0,25	Pas de dommage au gros œuvre, peu ou pas de dommages aux éléments de façade
Modérée	0,25 ≤ Volume < 1	Domage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée.
Elevée	1 ≤ Volume < 10	Domage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause.
Très élevée	Volume ≥ 10	Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle.

Illustration 25 – Indices d'intensité définis par la MEZAP (BRGM et al., 2014)

Dans le cadre de ce projet, au regard des nombreux départs potentiels de pierres inférieures à 50 litres, la méthode MEZAP a été adaptée au contexte local et une nouvelle classe d'intensité « très faible » a été ajoutée pour les volumes unitaires compris entre 10 L et 50 L.

- **Indice d'activité** : définit qualitativement la fréquence avec laquelle ce ou ces volumes de roches se mettent en mouvement. En plus de l'expertise terrain (traces de départ visibles et nombre des blocs observés dans la pente), l'évaluation de ce paramètre peut également être appréciée par les observations faites dans des contextes similaires ou s'appuyer sur des observations historiques lorsqu'elles existent. Trois classes d'indice d'activité sont définies pour cette étude en se basant sur les recommandations de la MEZAP (illustration 26).

Indice d'activité par zone homogène	Description
Faible	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 100 ans
Moyen	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les 10 ans
fort	De l'ordre d'un bloc du scénario de référence tous les ans

Illustration 26 – Indices d'activité définis par la MEZAP (BRGM et al., 2014)

4.1.2. Caractérisation des zones de propagation

Après avoir caractérisé les zones de départ, il est nécessaire de déterminer la propagation des blocs rocheux, définie par la probabilité d'atteinte.

- **Probabilité d'atteinte** : définit la propagation estimée des éléments rocheux en versant. Cette probabilité est évaluée, de façon qualitative ou quantitative, sur les retours d'expérience d'évènements passés et sur des modélisations plus ou moins complexes, validées ou corrigées par la connaissance du terrain à dire d'expert. La probabilité d'atteinte est caractérisée en quatre classes d'après la MEZAP : faible, moyenne, forte, très forte. Seule les limites des zones de probabilités d'atteinte faible, moyenne et forte seront évaluées pour ce projet (illustration 27).

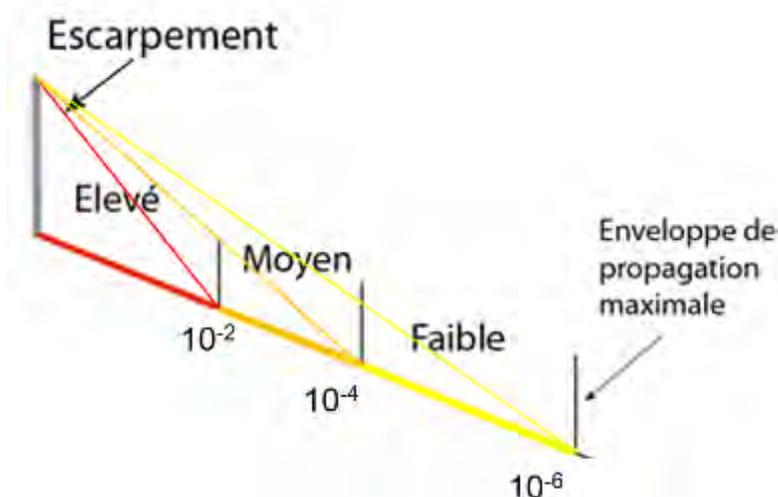


Illustration 27 : Probabilités d'atteinte évaluées.

La distance de propagation des blocs vers l'aval dépend principalement de la morphologie de la zone de propagation (*i.e.* de la zone en pied de la zone de départ). Cette distance a été modélisée à partir de la méthode empirique dite de la ligne d'énergie et d'une étude statistique sur la répartition des angles d'énergie.

Méthode de la ligne d'énergie :

Le modèle de la ligne d'énergie, développé par HEIM A. en 1932 (in Jaboyedoff et Labiouse, 2011), est un modèle statistique qui permet d'estimer, à partir d'une zone de départ, la localisation du point d'arrêt maximal probable d'un projectile et qui ne nécessite pas, à proprement parler, de détermination des coefficients de réponse des sols. Cette méthode empirique, qui trouve son fondement dans les phénomènes de grandes ampleurs, montre des résultats probants dans le cas de chute de blocs. Elle repose sur un principe simple et trivial : un bloc ne peut progresser sur une pente que si celle-ci est suffisamment raide.

Ainsi, si la pente est supérieure à un angle limite β , le bloc accélère. Si elle est inférieure à β , il ralentit. En partant de ce constat, un bloc peut aller d'une zone de départ A jusqu'à un point B, point d'intersection du relief avec une ligne imaginaire partant de la zone de départ et formant un angle β avec l'horizontal (illustration 28). Cette ligne est appelée la ligne d'énergie et l'angle β , l'angle de la ligne d'énergie, ou angle de propagation.

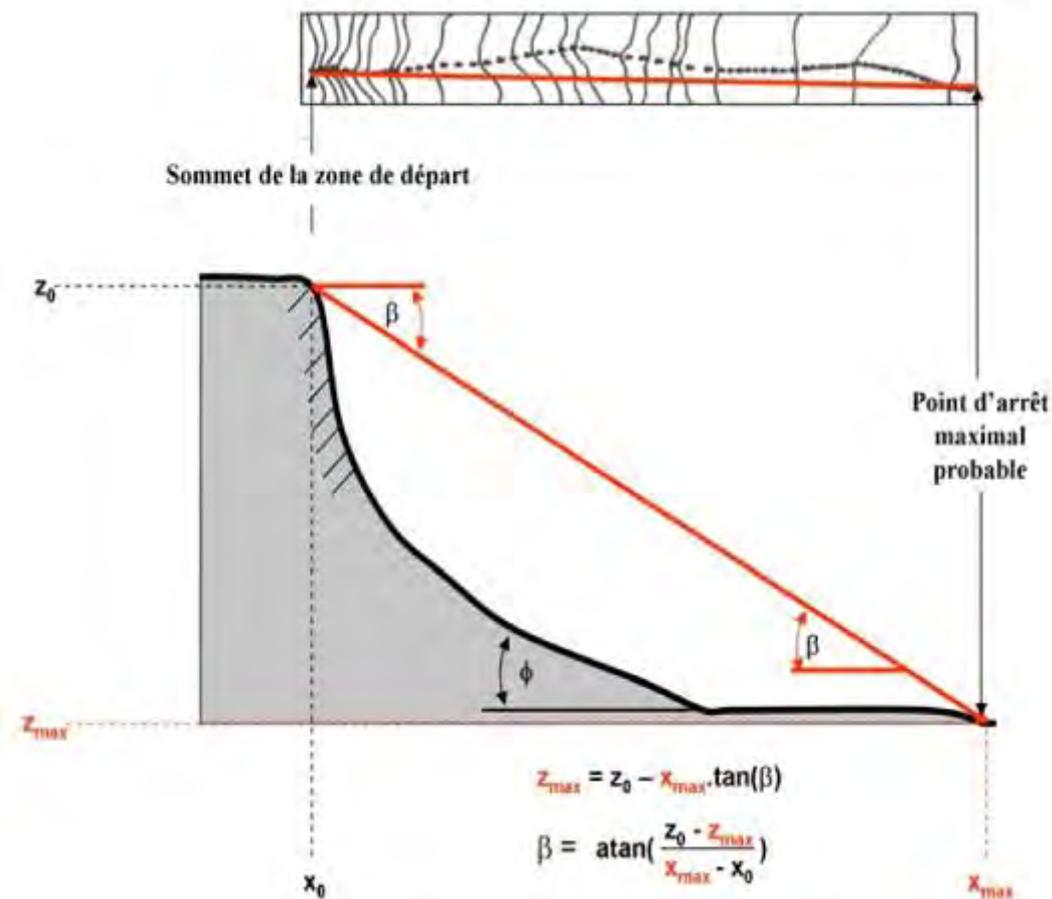


Illustration 28 – Représentation schématique du principe de la ligne d'énergie et de la formule pour déterminer l'angle β .

La méthode des lignes d'énergie permet d'obtenir une bonne estimation des enveloppes de propagation en cas de chute de blocs. Cependant la méthode est uniquement basée sur le profil topographique du versant et ne prend pas implicitement en compte :

- les caractéristiques des blocs (volume, forme...);
- le mécanisme de rupture ;
- la nature du sol au niveau de la zone de propagation (propriété mécanique et rugosité).

De même, il est important de préciser que par cette approche, la végétation (forêt, arbuste...) ou les obstacles anthropiques (bâtiment, mur, parade antichute de blocs...) ne sont pas considérés dans l'évaluation de l'enveloppe de propagation et de l'estimation de la probabilité de propagation. Ces éléments sont donc considérés comme « transparents » à la propagation.

La précision cartographique des enveloppes de propagation obtenues est conditionnée par la résolution et la qualité du MNT utilisé. Dans l'absolu, pour des scénarios de rupture différents on pourrait être amené à proposer des valeurs d'angles variables, dans un même contexte géomorphologique.

Par conséquent, pour la cartographie de l'aléa chute de blocs, la probabilité de propagation correspond à un indice qualitatif de la possibilité de propagation d'un évènement.

Répartition statistique des angles d'énergie, basée sur des évènements connus :

Afin de caractériser les valeurs d'angles de propagations, le BRGM se base sur une étude statistique réalisée en 2017, basée sur 2758 évènements de chutes de blocs, observés sur les territoires français et suisse, pour lesquels les angles de propagations et les profils topographiques ont été mesurés (Colas et al., 2017). Cette étude a permis de définir des valeurs d'angles de propagation en fonction de la morphologie des versants (illustration 29). La morphologie des versants est caractérisée par l'aire du profil topographique, lorsqu'il est normalisé par la hauteur maximale H (homothétie de rapport H : tous points d'abscisse et d'ordonnée constituant le profil est divisé par H, ce qui permet une comparaison de la longueur et de la hauteur à la même échelle). Cet indice adimensionnel est noté A_n , soit l'aire normalisée.

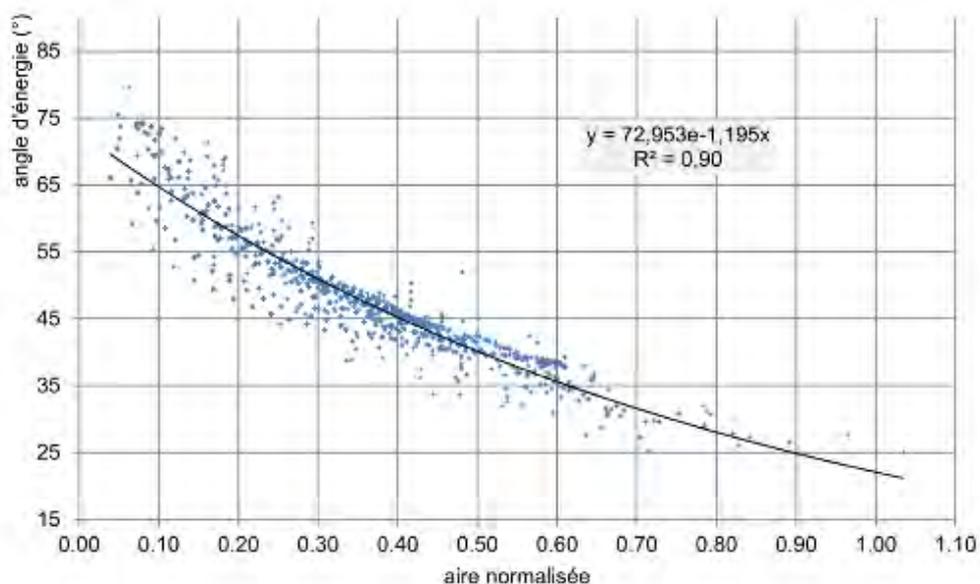


Illustration 29 – Évolution de l'angle d'énergie en fonction de l'aire normalisée du versant (rapport H/L) (Colas et al., 2017).

Une modélisation probabiliste a ensuite permis de définir des valeurs d'angles limites en fonction de la probabilité de présence d'un bloc pour chaque type de profil. Les seuils de probabilité choisis correspondent aux recommandations du comité international JTC-1³ pour délimiter les probabilités d'atteinte faible ($P=10^{-6}$), moyenne ($P=10^{-4}$) et élevée ($P=10^{-2}$), correspondant respectivement à une chance sur un million ; une chance sur 10 000 ; et une chance sur 100. (Colas et al., 2017) (illustration 30).

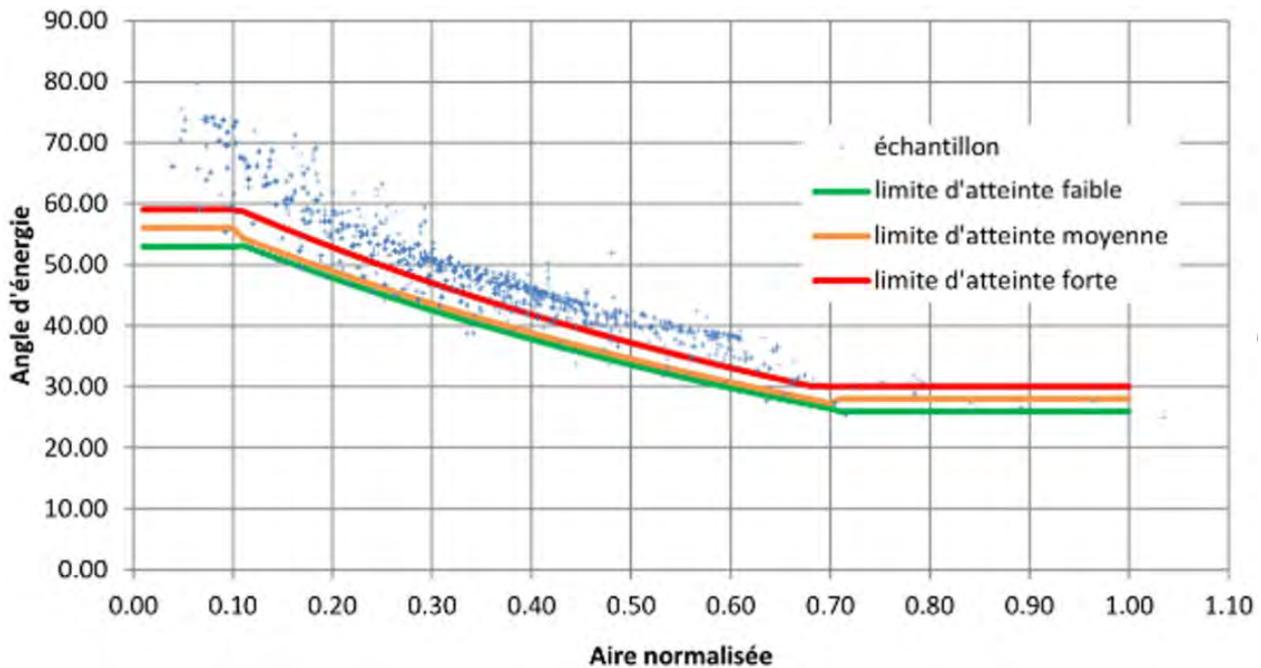


Illustration 30 – Lois empiriques proposées après une modélisation probabiliste de la base de donnée MEZAP pour des seuils de probabilité d'atteinte faible ($P=10^{-6}$), moyenne ($P=10^{-4}$) et élevée ($P=10^{-2}$) (Colas et al., 2017).

Modélisation par l'outil ELANA :

Dans la présente étude, afin de délimiter les zones de propagation, l'outil ELANA (Energy Line Angle Normalized Area) est utilisé. ELANA a été développé par le BRGM, pour utiliser les lois empiriques 2D présentées ci-dessus afin de cartographier spatialement la probabilité de propagation des chutes de blocs. ELANA utilise les données topographiques d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT), ainsi qu'un raster de même dimension où l'utilisateur déclare les pixels qu'il considère comme zone de départ. ELANA permet d'obtenir le raster des zones de propagation faible, moyenne et forte à partir de ces lois empiriques (Illustration 30). Le logiciel interpole des profils autour de chaque pixel de départ afin de pouvoir déterminer l'emplacement des limites de propagation pour chaque profil, puis une simple interpolation de ces limites entre chaque profil permet d'obtenir un résultat cartographique. Afin de limiter le temps de calcul, cette opération n'est pas effectuée pour les pixels de départ situés dans la direction de plus grande pente d'un autre pixel de départ (illustration 31), ici nommés pixels « aval » par opposition aux pixels conservés pour la suite des calculs, ici nommés « amont ». L'annexe 2 présente les étapes de calcul réalisées par l'outil ELANA plus en détail.

³ Joint Technical Committee 1



Illustration 31 – Exemple des résultats fournis par ELANA à partir du MNT 1 m, Avenue de la République.

La modélisation de la propagation par l'outil ELANA a été réalisée à partir du MNT à la résolution de 1 m et de 5 m. Les résultats de propagation sont similaires et cohérents pour la vaste majorité des zones de départs, cependant dans certains cas la propagation obtenue à partir du MNT 5 m se révèle être supérieure à celle obtenue à partir du MNT 1 m et qui plus est non cohérente avec les observations de terrain (Illustration 32). Sur la commune de Val de Briey, cette différence s'explique par un lissage, sur le MNT 5 m, des affleurements de faible hauteur ainsi que des zones de replats qui constituent des zones d'arrêt pour les blocs, expliquant alors une propagation supérieure à la réalité terrain comme vu en exemple en Illustration 32.

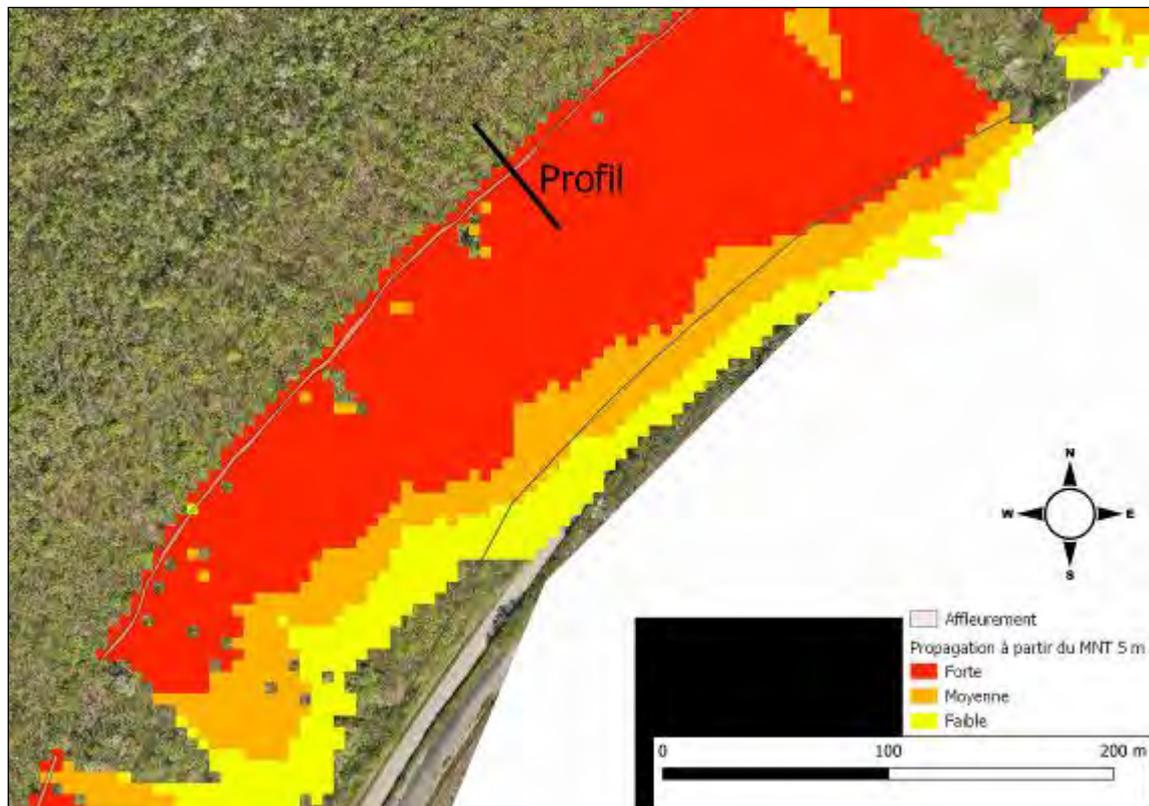
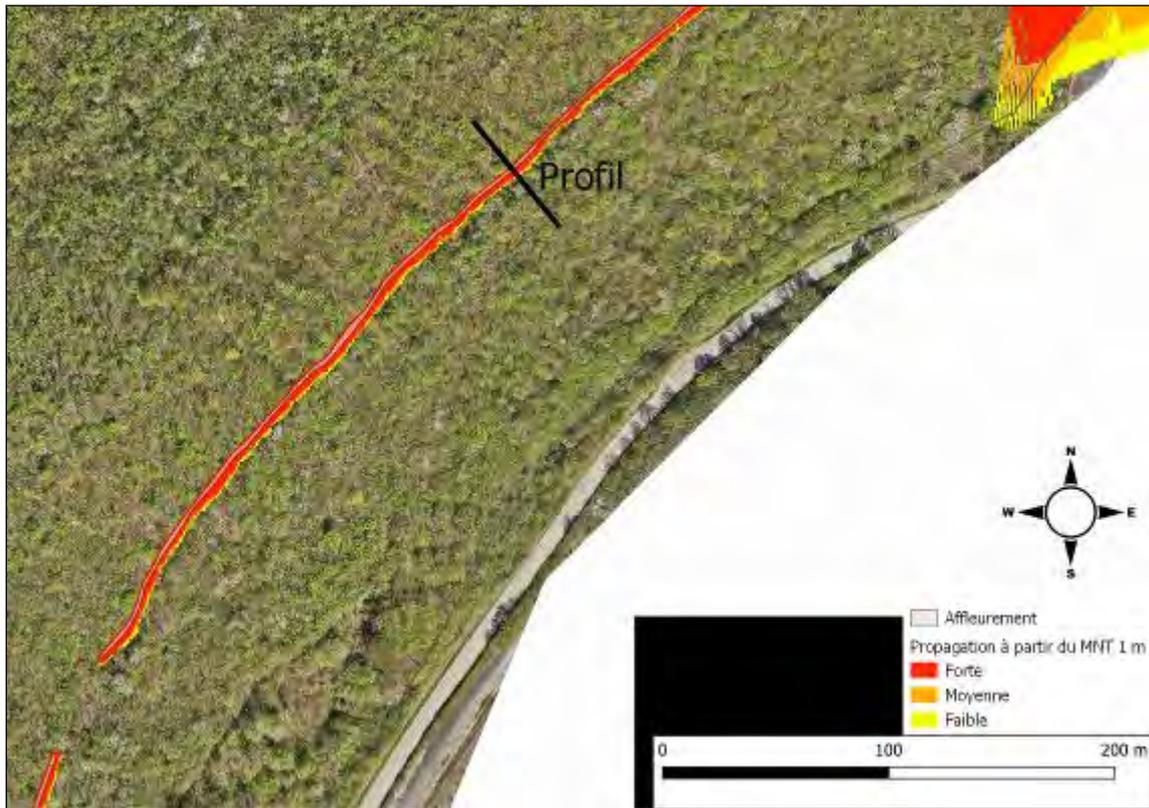


Illustration 32 – Exemple de comparaison entre les propagations obtenus à partir du MNT 1 m et 5 m au niveau de la route départementale D9, à l'est de la commune de Val de Briey

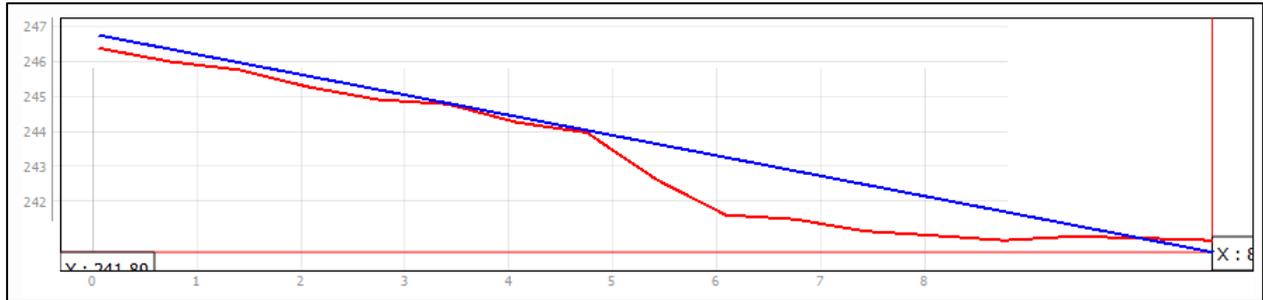


Illustration 33 – Comparaison entre les données du MNT 5 m (profil bleu) et 50 cm (profil rouge) montrant le lissage d'une zone d'arrêt le long du profil de l'illustration 32. L'échelle des ordonnées est exagérée par rapport à l'échelle des abscisses.

Etude complémentaire avec le plugin Blocs :

Une étude complémentaire à ELANA est ensuite réalisée pour certaines zones de départ. En zone urbanisée, le modèle numérique de terrain, même de haute résolution, peut être imprécis ou parfois erroné dû à la présence de bâtiments. Cela provient du traitement des données LIDAR, les données topographiques sous les bâtiments sont reconstruites par interpolation des données alentour, créant des profils artificiels non représentatifs. La propagation donnée par ELANA peut alors être faussée (sur ou sous-estimée). Pour corriger cela, le plugin QGIS « Blocs », développé en interne, a été utilisé. Cet outil permet de caractériser les valeurs d'angles d'énergies définissant les limites des zones de propagation sur des profils 2D définis manuellement (annexe 5). Il se base sur la même approche statistique qu'ELANA mais permet d'ajuster la modélisation automatique d'ELANA en corrigeant la topographie de profils caractéristiques, vérifiés sur le terrain.

4.1.3. Caractérisation de l'aléa chute de bloc

L'aléa chute de blocs est caractérisé, d'après la méthode MEZAP, par le croisement des indices précédemment identifiés :

- indice d'intensité ;
- indice d'activité ;
- probabilité d'atteinte.

A partir de l'indice d'activité et de la probabilité d'atteinte du scénario de référence considéré, la probabilité d'occurrence est évaluée, en appliquant la matrice de croisement suivante (Illustration 34).

		Probabilité d'atteinte			
		Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Indice d'activité	Faible	Faible	Modérée	Elevée	Très élevée
	Moyen	Modérée	Modérée	Elevée	Très élevée
	Fort	Modérée	Elevée	Elevée	Très élevée

Illustration 34 – Matrice de probabilité d'occurrence (BRGM et al., 2014)

Enfin, l'aléa chute de blocs est défini, en croisant la probabilité d'occurrence et l'indice d'intensité du scénario de référence considéré.

Compte-tenu de l'ajout d'une classe d'intensité « très faible » et de la non évaluation de la probabilité d'atteinte très forte, la matrice de croisement MEZAP pour l'évaluation de l'aléa a été adaptée (Illustration 35).

		Intensité				
		Très faible	Faible	Modérée	Elevée	Très élevée
Probabilité d'occurrence	Faible	faible	faible	moyen	fort	fort
	Modérée	faible	faible	moyen	fort	fort
	Élevée	faible	moyen	fort	fort	Très fort

Illustration 35 – Matrice d'évaluation de l'aléa adapté au contexte local (BRGM et al., 2014)

Il est important de noter que des dommages aux personnes peuvent être engagés dès la première classe d'aléa « faible ». En effet les classes de l'indice d'intensité, basées sur le volume unitaire, sont définies uniquement en fonction des potentiels de dommages aux bâtiments, la carte d'aléa étant destinée à l'aménagement du territoire.

4.1.4. Caractérisation de l'aléa de recul

L'aléa de recul se produit au niveau des escarpements rocheux constituant des zones de départ de chutes de bloc ou d'éboulement rocheux et plus spécifiquement au niveau de la tête de l'escarpement. Le recul correspond à la distance à laquelle la tête d'escarpement remonte vers l'amont à la suite d'un événement de chute de bloc, cette distance se mesure à l'horizontale dans la direction perpendiculaire à l'escarpement.

Le développement de la méthodologie permettant de caractériser l'aléa de recul est présenté en annexe 6.

4.2. CARTOGRAPHIE DES ZONES DE DEPART

La première étape consiste à recenser et à cartographier les zones de départs potentiels de blocs rocheux. Ces zones de départ se présentent sous forme de falaises ou de corniches, naturelles ou anthropiques (fronts de tailles de carrière).

4.2.1. Détection automatique

Dans un premier temps, les zones de départ ont été détectées automatiquement via l'analyse des modèles numériques de terrain.

L'ensemble de la commune de Val de Briey ayant été couverte par le levé LIDAR, le modèle numérique de terrain en découlant a été utilisé pour détecter les zones de départ potentielles.

Des réflexions ont été menées, par retour d'expérience de zones d'éboulement dans le massif alpin (Berger, 2009), pour valoriser les données MNT au travers de la carte des pentes notamment. Sur cette base, un modèle permettant de calculer la valeur du seuil de pente en fonction de la résolution de MNT (avec RES= résolution du MNT) est proposé :

$$\alpha = 55^\circ .RES^{-0,075}$$

Ainsi, pour le MNT au pas de 1 m disponible (LIDAR), une pente supérieure ou égale à 55° est considérée comme zone de départ potentielle. En complément, cette approche est croisée et ponctuellement enrichie avec la digitalisation des barres rocheuses apparentes sur l'orthophotographie haute résolution afin de produire une carte des zones de départs potentiels la plus exhaustive possible.

La cartographie des zones de départ potentielles ainsi détectées est présentée sur Illustration 36.

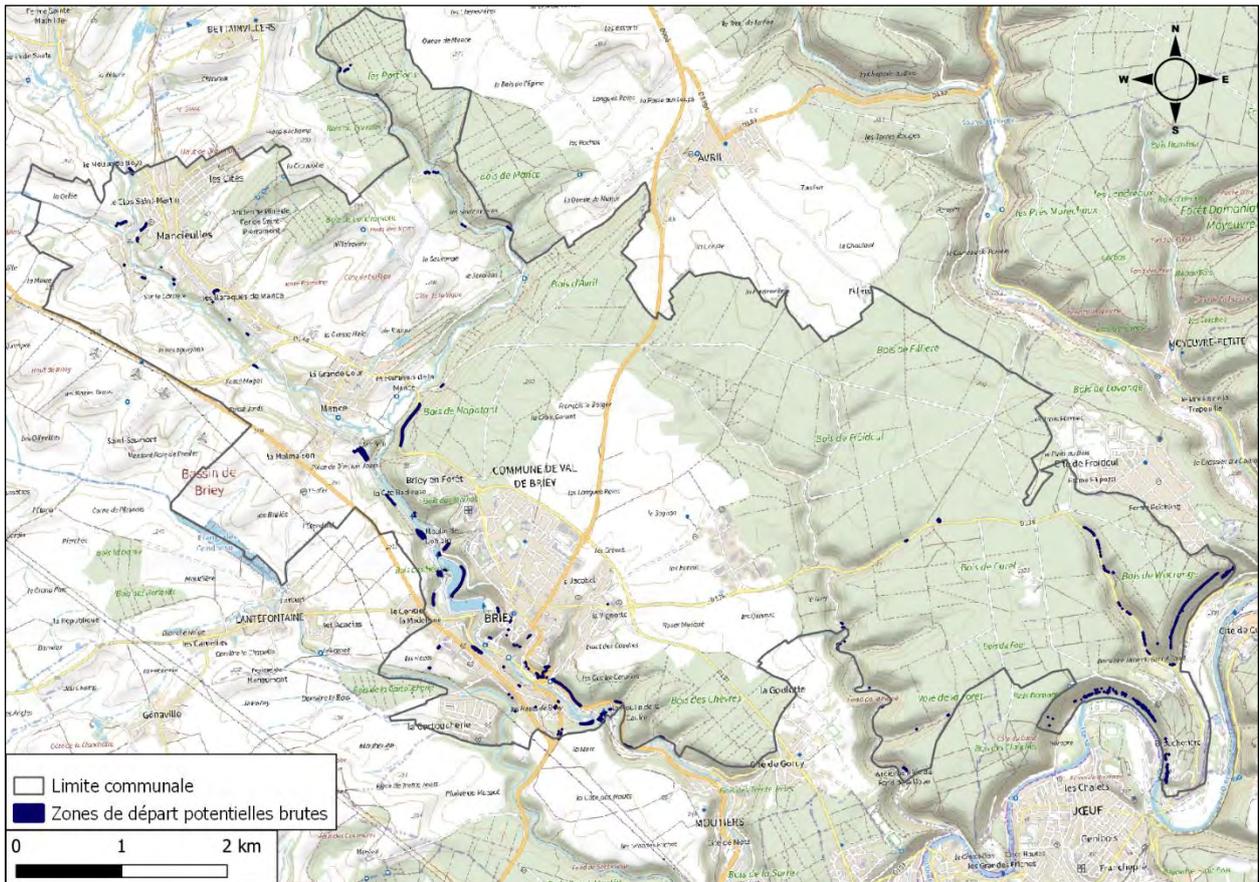


Illustration 36 – Inventaire des zones de départ potentielles détectées par analyse du MNT (fond cartographique : scan25 IGN).

4.2.2. Reconnaissances de terrain

La deuxième étape a consisté à la réalisation de reconnaissances de terrain afin de valider la cartographie numérique initiale des zones de départ. Ces visites de terrain ont permis de vérifier que les fortes pentes identifiées à partir du levé LIDAR correspondaient bien à des corniches rocheuses et, les cas échéant, de les caractériser en terme de lithologie et de morphologie.

Après suppression des murs et talus anthropiques, environ 70 zones de départ ont ainsi été confirmées (Illustration 37), leur étendue a été reprécisée sur le terrain et une description rapide a été réalisée pour chaque zone (annexe 3).

Dans certains cas, des zones de départ diffus ont été caractérisées. Elles correspondent à des versants comportant plusieurs corniches discontinues et/ou des blocs remobilisables répartis dans le versant, dont il est difficile de faire un recensement exhaustif. Dans ce cas, l'ensemble du versant a été cartographié au titre d'une zone de départ diffus. Ces zones se trouvent principalement sur des versants non urbanisés mais une zone de départ diffus a été identifiée au centre-ville de Briey, au sud-ouest de la rue Pasteur.

Parmi les calcaires à débit en plaquettes et les calcaires à polypiers, 2 types de morphologie ont été rencontrés :

- Les falaises de plus de 3 mètres de hauteur : plus souvent présentes en zone urbanisée ;
- Les corniches de moins de 3 mètres de hauteur : souvent discontinues et situées en milieu de versant, elles sont souvent intégrés dans une même zone de départ nommée dans ce rapport « zone de départ diffus ».

L'ensemble de ces observations a conduit à classer les zones de départ en cinq sous-ensembles, appelées zones de départ homogènes. Les phénomènes remarquables identifiés sur la commune ont été associés à chacune des zones homogènes :

- falaises de calcaires à bancs métriques :
 - o 2 événements connus sur la commune :
 - Chute de deux blocs de 75 et 150 L suite à une rupture de surplomb (phénomène A03) ;
 - Chute d'un bloc de 360 litres au niveau d'un versant « en escalier » (phénomène A21) ;
- falaises de calcaires à bancs décimétriques ;
 - o 1 événements recensé sur la commune :
 - Eboulement de blocs de 100 à 200 L prédécoupé dans le massif rocheux par différentes fractures et présentant dusurplomb au niveau d'un versant « en escalier » (phénomène A22b) ;
- Corniches de calcaires à débit décimétriques ;
 - o 2 événements connus sur la commune :
 - Chute d'un bloc de 70 litres au pied d'un versant raide (phénomène A15)
 - Chutes de plusieurs blocs de moins de 50 L prédécoupés par la fracturation (phénomène A35)
- Corniches de calcaires à polypiers noduleux.
 - o 3 types d'événements caractéristiques sur la commune :
 - Phénomène 44 : chute de blocs de gros volumes unitaires (4,5 m³) prédécoupés dans le massif rocheux par différentes fractures et présentant du surplomb ;
 - Phénomène 46 : chute de blocs de 360 et 160 L prédécoupé dans le massif rocheux par différentes fractures;
 - Phénomène 48 : chute fréquentes de pierres de moins de 50L liées à la présence de passes noduleuses dans le calcaire à polypiers et chute de blocs d'environ 100L prédécoupés dans le massif rocheux par différentes fractures.

La répartition cartographique de ces zones de départ homogènes est représentée en Illustration 38.

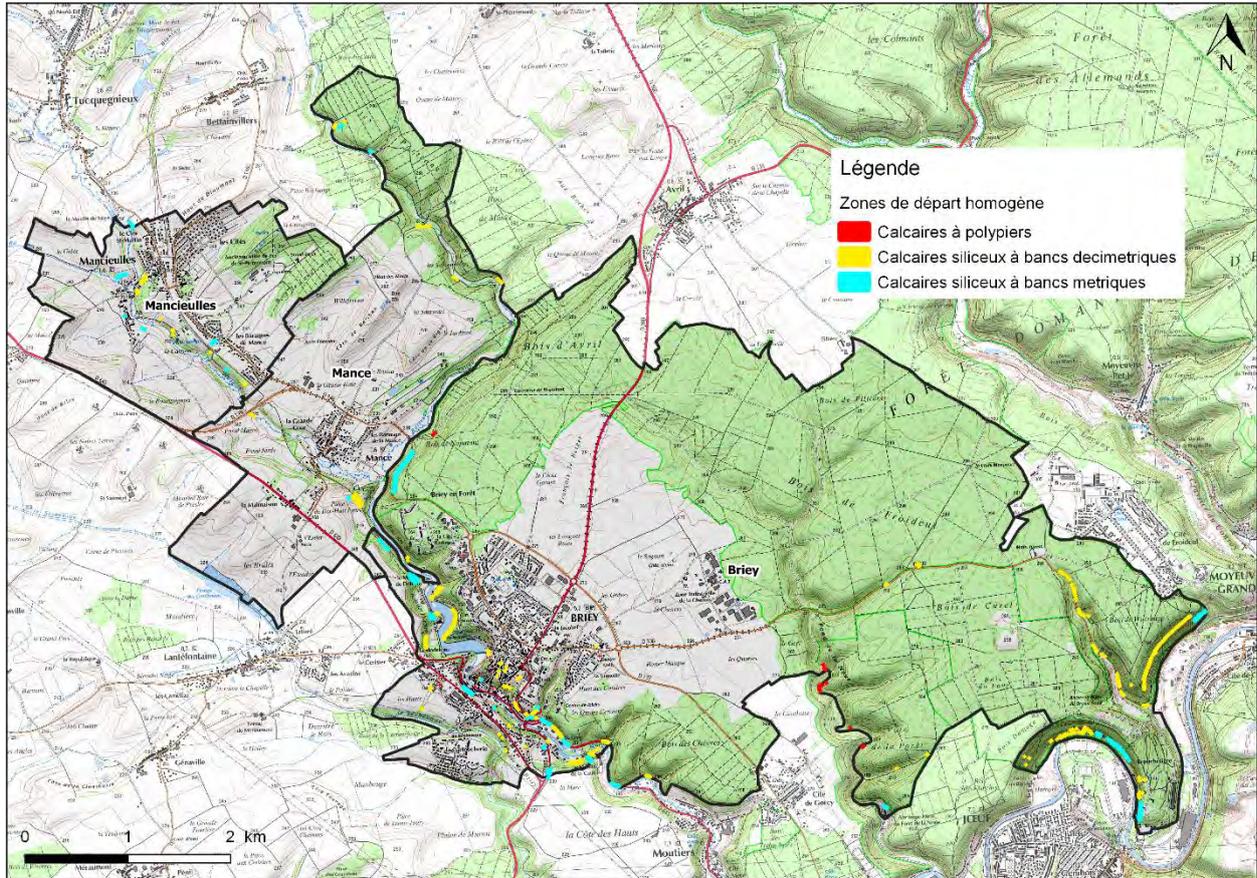


Illustration 38 – Cartographie des zones de départ classée en zones homogènes (fond cartographique : scan25 IGN)

4.3. ESTIMATION DES ENVELOPPES DE PROPAGATION

Afin de proposer une cartographie de l'aléa de propagation, les éléments suivants ont été pris en compte :

- analyse de la répartition des blocs éboulés dans le versant ;
- valorisation à travers l'outil ELANA du retour d'expérience statistique en matière d'événements de chute de blocs par le positionnement pour chaque zone de départ identifiée des limites de probabilité de propagation faible, moyenne et forte ;
- in fine, positionnement des enveloppes de propagation et cartographie résultante finalisée à dire d'expert, en intégrant les caractéristiques topographiques locales, les caractéristiques et la disposition des blocs présents dans les zones d'arrêt.

Il est important de rappeler que la végétation (forêt, arbuste...) et les ouvrages existants (bâtiment, mur, parade antichute de blocs...) ne sont pas considérés dans l'évaluation de l'enveloppe de propagation et de l'estimation de la probabilité de propagation (MEZAP).

La cartographie des zones de propagation est présentée en annexe 4 au format A3 sur l'ensemble de la commune au 1/40 000^{ème}.

4.4. CARTOGRAPHIE DE L'ALEA CHUTE DE BLOCS

L'aléa chute de blocs résulte du croisement de l'indice d'intensité et de la probabilité d'occurrence qui est, elle-même, la résultante du croisement de l'indice d'activité et de la probabilité d'atteinte (cf. section 4.1.3). La carte de l'aléa chute de blocs est donnée en Illustration 39 et en annexe 7 au format A3. Les zones d'aléa sont également reportées sur fond cadastral issu de la base de donnée EDIGEO de décembre 2021 au format A0 (1/5 000^{ème}) en planche hors texte.

4.5. CARTOGRAPHIE DES ZONES DE RECU L POTENTIEL

La méthodologie utilisée pour la cartographie des zones de recul potentiel est détaillée en annexe 6.

Les zones départs présentes sur la commune de Val de Briey sont des parois sub-verticales, ou des parois pouvant présenter des petits surplombs, ainsi que des profils de versants réglés.

Les affleurements A9, A10, A11, A12, A18, A24, A25, A26, A29, A30, A31, A35, A37, A41, A45b, A47, A53 et A57 sont concernés par des scénarios annuels tel que décrit en annexe 6 et en type n°1 (illustration 131), pour lesquels les événements annuels sont de volume $V_1 < 0,05 \text{ m}^3$ avec un recul cumulé de $3R_1$ inférieur à 1 m, avec le recul unitaire tel que $R_1 \ll 0,3 \text{ m}$. Ce recul cumulé correspond à une intensité faible.

Les affleurements A3, A4, A5, A8, A15a, A16, A17, A22, A32, A34, A38, A39, A42, A43, A48, A49, A50, A52 et A60 sont concernés par des scénarios décennaux tel que décrit en annexe 6 et en type n°2 (illustration 133), pour lesquels les événements décennaux sont de volume $V_{10} < 0,25 \text{ m}^3$ avec un recul cumulé de $3R_{10}$ compris entre environ 1 m et 3 m, avec le recul unitaire tel que $R_{10} \ll 1 \text{ m}$. Ce recul cumulé correspond à une intensité modérée.

Les affleurements A1, A2, A7, A13, A21, A33, A36, A40, A46, A51, A54, A55, A56 et A58 sont concernés par des scénarios décennaux tel que décrit en annexe 6 et en type n°2 (illustration 133), pour lesquels les événements décennaux sont de volume V_{10} compris entre $0,25 \text{ m}^3$ et 1 m^3 avec un recul cumulé de $3R_{10}$ compris entre environ 1 m et 3 m, avec le recul unitaire tel que $R_{10} < 1 \text{ m}$. Ce recul cumulé correspond à une intensité modérée.

Les affleurements A15b, A44 et A45a sont concernés par des scénarios centennaux de volumes V_{100} compris entre 1 m^3 et 10 m^3 et un recul cumulé maximum de $2R_{100}$ compris entre environ 3 m et 5 m. Ces scénarios sont décrits en annexe 6 et en type n°3 (illustration 135). Ce recul cumulé correspond à une intensité élevée.

L'affleurement A59 est concerné par des scénarios décennaux et centennaux tel que décrit en annexe 6 et en type n°4 (illustration 137), pour lesquels les événements sont de volume V_{100} compris entre $0,25 \text{ m}^3$ et 1 m^3 pour les événements centennaux et V_{10} entre $0,05 \text{ m}^3$ et $0,25 \text{ m}^3$ pour les événements décennaux et un recul cumulé maximum de $R_{100} + 2R_{10}$ compris entre environ 2,5 m et 4 m. Ce recul cumulé correspond à une intensité élevée.

Limite cartographique de l'aléa de recul

Les limites cartographiques définissant les différentes probabilités de recul pour les scénarios précédemment décrits sont inférieures à 5 m. Il n'est alors pas possible de différencier ces dernières pour un rendu de carte au 1 :5 000^{ème} (imprécision cartographique de 5 m pour un trait de 1 mm). La limite cartographique du recul sera donc déterminée de manière forfaitaire par rapport à cette valeur d'imprécision cartographique, à savoir une zone de recul de 5 m dont le niveau d'aléa retenu sera le plus contraignant.

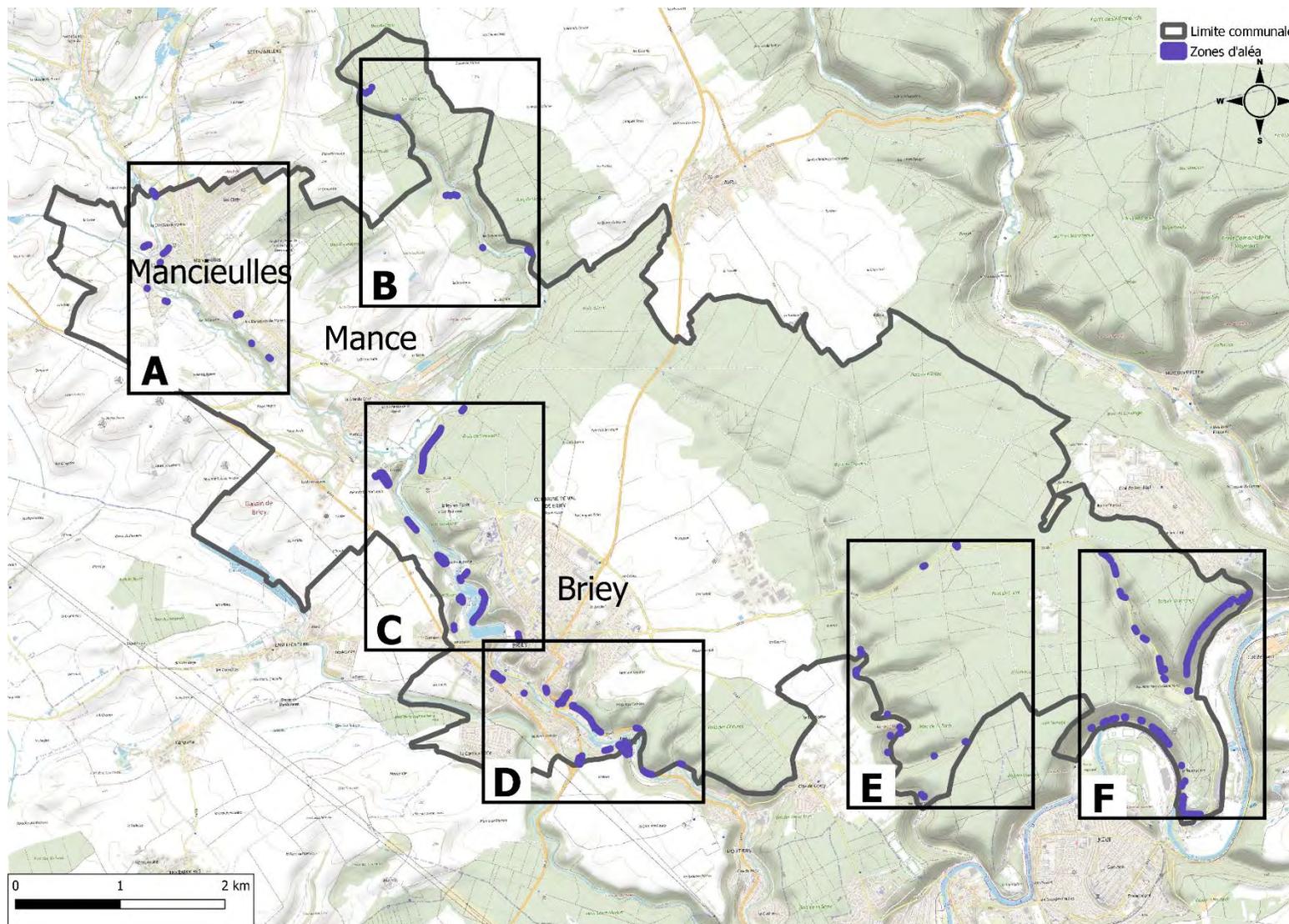


Illustration 39 – Localisation des zones d'aléa lié aux chutes de blocs ou au recul de falaise. (fond topographique OpenStreetMap) les cartes de détail (A à F), sont présentées en annexe 7 au format A3

5. Caractérisation des zones à enjeux

5.1. IDENTIFICATION ET CLASSIFICATION DES ENJEUX

Les secteurs à enjeux situés dans les zones d'aléa de chute de blocs (aléa lié à la propagation et au recul) sont hiérarchisés en fonction de leur niveau d'exposition (croisement entre le niveau d'aléa et le nombre des enjeux).

Cette hiérarchisation a pour seul objectif de fournir une aide à la décision quant à la priorisation de mise en place de solutions de parade. La vulnérabilité des enjeux n'est pas évaluée.

Dans le cadre de cette étude, l'évaluation de l'exposition des enjeux a été mise en œuvre pour les bâtiments et les voies de communication. L'analyse réalisée exclut :

- les terrains de sport et les jardins (publics ou privés) ;
- les autoroutes et les voies de chemin de fer, car la responsabilité incombe au gestionnaire du réseau.

L'ensemble des bâtiments a été traité sans distinction ni classification. Les zones d'aléa impactant des bâtiments ont été classées en fonction du nombre de bâtiments concernés.

5.2. EVALUATION DES ZONES A ENJEUX ET PARADES ASSOCIEES

5.2.1. Evaluation et hiérarchisation des enjeux

Les zones de risque sont évaluées et hiérarchisées en croisant l'aléa chute de blocs avec les classes d'enjeux définies, afin d'établir des priorités d'intervention pour la mise en place des parades. Ce croisement permet de mettre en évidence les principaux secteurs à risque.

Les enjeux ont été définis à partir de la base de données BD_Topo fournie par l'IGN ainsi que les données cadastrales issues de la base de données EDIGEO de décembre 2021 pour les bâtiments.

La commune de Val de Briey comprend :

- 5 bâtiments impactés par un aléa chute de blocs élevé ;
- 13 bâtiments impactés par un aléa chute de blocs modéré ;
- 4 bâtiments impactés par un aléa chute de blocs faible.

La hiérarchisation des zones avec des bâtiments exposés est reprise dans l'illustration 40 :

Aléa	Bâtiments impactés
Faible	Priorité moyenne (4 bâtiments)
Modéré	Priorité forte (13 bâtiments)
Elevé	Priorité très forte (5 bâtiments)

Illustration 40 – Définition des zones de priorités des bâtiments pour la mise en place de parades

Le recensement des voies de communication exposées à l'aléa chute de blocs a été établi à partir des données orthophotographiques obtenues lors de l'acquisition LIDAR.

La hiérarchisation des zones avec des voies de communications et des chemins est reprise dans l'illustration 41 :

Aléa	Voies de communications (route départementale et communale)	Chemins
Faible	Priorité faible	Priorité faible
Modéré	Priorité moyenne	Priorité faible
Elevé	Priorité forte	Priorité moyenne

Illustration 41 – Définition des zones de priorités des voies de communication pour la mise en place de parades

5.2.2. Hiérarchisation des secteurs

En fonction de la localisation des bâtiments, des voies de communication et des affleurements, des secteurs ont été définis sur le site d'étude. Ces secteurs sont hiérarchisés selon le tableau suivant (illustration 42), et sont localisés sur l'illustration 43.

Priorité	Nombre de bâtiments			Surface de voie de communication (m ²)			Total secteur	
	Très forte	Forte	Moyenne	Forte	Moyenne	Faible	Nombre de bâtiments	Surface route (m ²)
Secteur 1	5	0	0	0	0	0	5	0
Secteur 2	0	11	3	0	210	444	14	654
Secteur 3	0	1	0	0	0	347	1	347
Secteur 4	0	1	0	0	0	0	1	0
Secteur 5	0	0	1	0	0	20	1	20
Secteur 6				1589	0	0	0	1589
Secteur 7				1476	0	0	0	1476
Secteur 8				120	0	0	0	120
Secteur 9				0	784	0	0	784
Secteur 10				0	422	0	0	422
Secteur 11				0	405	0	0	405
Secteur 12				0	139	0	0	139
Secteur 13				0	0	902	0	902
Secteur 14				0	0	76	0	76
Secteur 15				0	0	74	0	74
Secteur 16				0	0	40	0	40
Total commune	5	13	4	3185	1960	1903	22	7048

Illustration 42 – Tableau de hiérarchisation des secteurs à enjeux sur la commune de Val de Briey

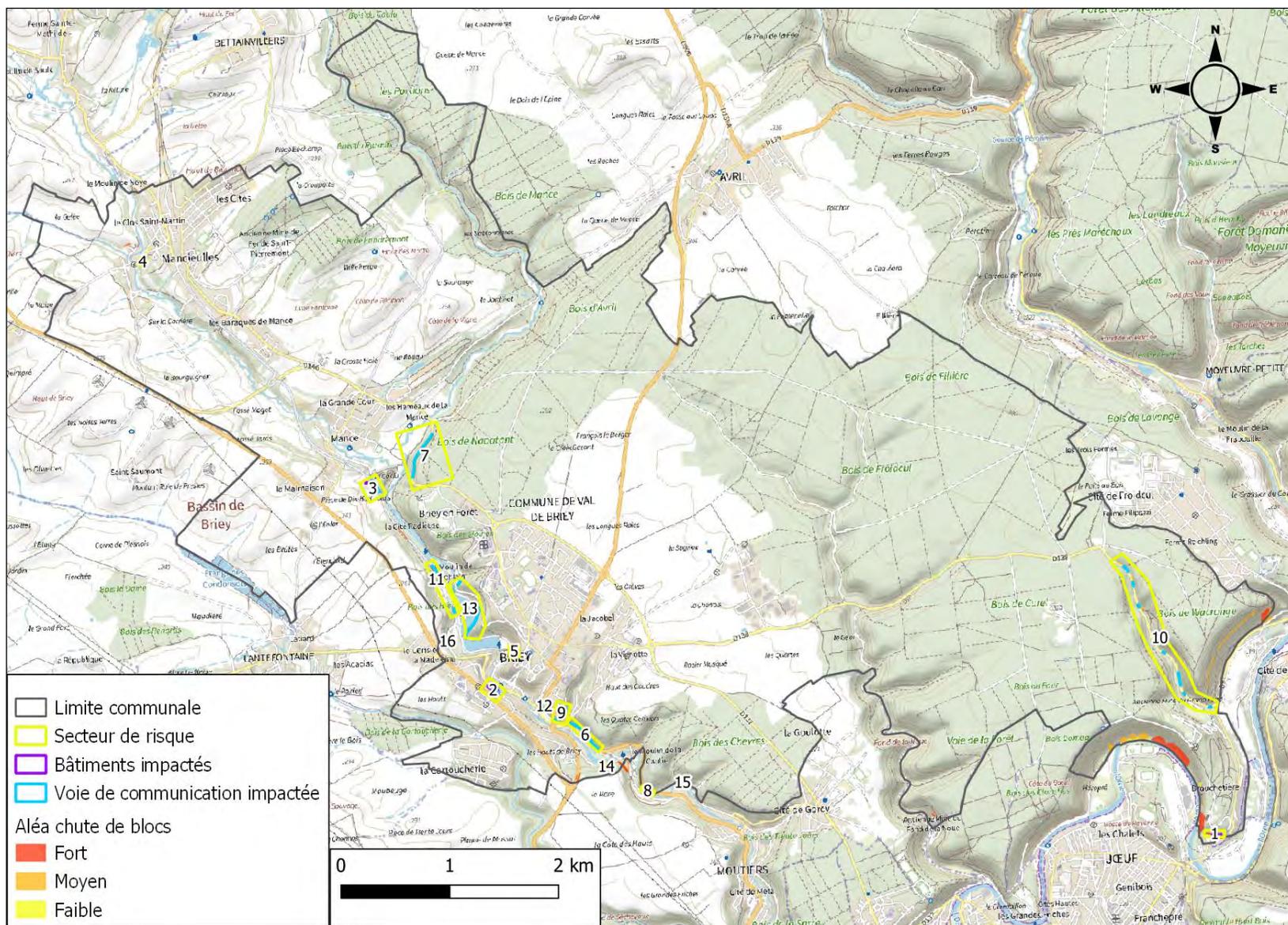


Illustration 43 – Localisation des secteurs à enjeux sur la commune de Val de Brie (fond Plan IGN)

5.2.3. Différence de géoréférencement entre les orthophotographies et les données cadastrales

Lors du croisement de l'aléa chute de blocs avec les différents enjeux, une différence notable a été constatée entre les orthophotographies obtenue par LIDAR avec une précision planimétrique de 10 cm et les données cadastrales issues de la base de données EDIGEO de décembre 2021. Le même constat est fait quelle que soit la source de la photographie aérienne (IGN, Google, OSM). **Cette différence est ponctuelle et localisée**, elle a seulement été constatée au niveau des habitations au nord du chemin de l'Orne (illustration 41 et 42). Le décalage du cadastre par rapport à l'orthophotographie est de 20 m à l'est et 5 m au sud. Compte tenu de la précision des données LIDAR, elles sont retenues comme étant les données les plus fiables sur la zone concernée. Ainsi les bâtiments observés sur les illustrations suivantes ne sont pas considérés comme impactés par l'aléa faible de chute de bloc.



Illustration 44 – Cartographie de l'aléa chute de bloc au nord du Chemin de l'Orne, en contrebas du Château de Brouchetière sur fond orthophotographique LIDAR de 2019

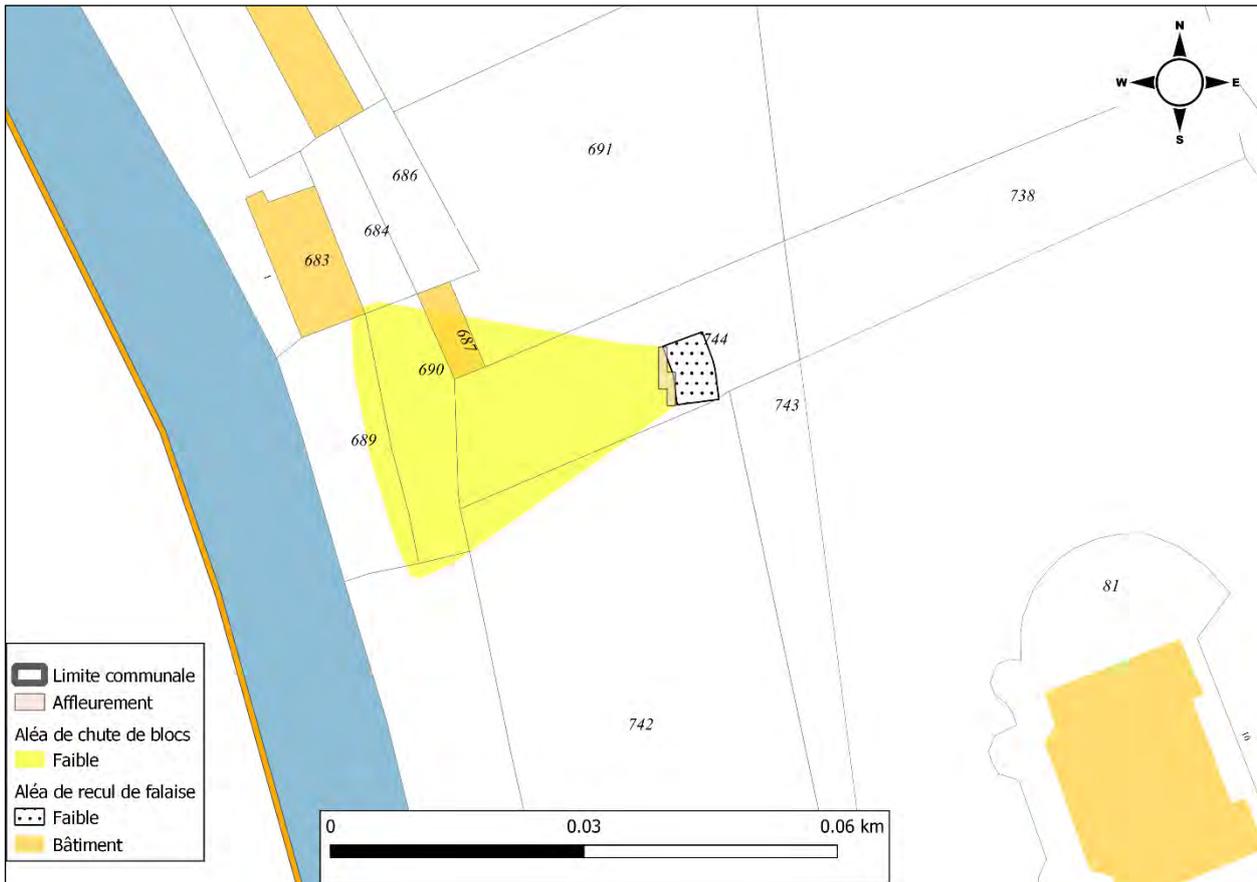


Illustration 45 – Cartographie de l'aléa chute de bloc au nord du Chemin de l'Orne, en contrebas du Château de Brouchetière sur fond cadastral issue de la BD EDIGEO de décembre 2021

5.2.4. Description des zones à enjeux et propositions de parades

Une proposition de parades est donnée pour **toutes les zones de départ où un enjeu est concerné**. Ces recommandations, données à titre informatif, ont pour seul objectif de fournir une aide à la décision aux administrateurs, dans le but de considérablement réduire ou de supprimer le risque. Dans tous les cas, **les propositions faites nécessiteront ultérieurement d'être validées et dimensionnées par un bureau d'étude compétent à travers une étude géotechnique adaptée** (AVP, PRO au sens de la norme NF-P-94500). De plus, les choix définitifs dépendent de rapports coûts/bénéfices ne faisant pas l'objet de cette étude.

Les parades existantes n'ont pas été prises en compte dans l'analyse de risque.

Les types de parades peuvent être classés en deux principales catégories (détail en annexe 8) :

- **Parades actives - action sur le départ de l'objet instable :**
 - o augmenter les forces résistantes (ancrage, contrefort, mur, filet, grillage plaqué) ;
 - o diminuer les contraintes motrices/aggravantes (drainage, limitation de l'érosion) ;
 - o éliminer l'objet instable (purge, reprofilage...).

- **Parades passives - action sur la propagation de l'objet instable :**
 - o arrêter le mouvement (écran, merlon, fosse) ;
 - o guider le mouvement (grillages, filets pendus, casquette).

Secteur 1 (A59) – illustration 43

La zone de départ se situe derrière des habitations rue de la Princesse Mathilde.

Le profil montre un versant raide pouvant atteindre jusqu'à 7 mètres de hauteur. Ce versant est constitué de blocs calcaires très fracturés dont les dimensions peuvent être comprises entre 0,25 m³ et 1 m³ et prennent la forme de colonnes ou de surplombs.

Le scénario retenu pour ce secteur est le suivant : blocs de volumes compris entre 0,25 m³ 1 m³ pour une période d'activité de 100 ans.

La zone d'aléa résultante est de niveau fort et affecte 5 bâtiments se trouvant sur la partie nord des différentes propriétés.



Illustration 46 – Secteur 1 le long de la rue Princesse Mathilde

Proposition de parades :

- Au vu des volumes des blocs, de la hauteur de l'affleurement et de sa nature fracturée, ainsi que de la proximité des enjeux, deux options sont proposées :
 - o procéder à une purge des secteurs les plus fracturés puis de faire poser un filet pour limiter la propagation des blocs ;
 - o mettre en place un écran par-bloc sur tout le linéaire.

Secteur 2 (A60) – illustration 44

L'affleurement A60 représente une zone de départ diffus. Plusieurs affleurements isolés ont été observés sur l'ensemble de la pente en amont de la rue de Verdun, et cela de manière non exhaustive car la végétation ne permet pas l'appréciation de l'ensemble de la zone. Le scénario retenu pour ce secteur est le suivant : blocs de volumes inférieur à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

Un total de 11 bâtiments sont touchés par la zone d'aléa moyen et 3 bâtiments se trouvent dans la zone d'aléa faible. Concernant les voies de communication, 210 m² se trouvent en aléa moyen et 444 m² en aléa faible.

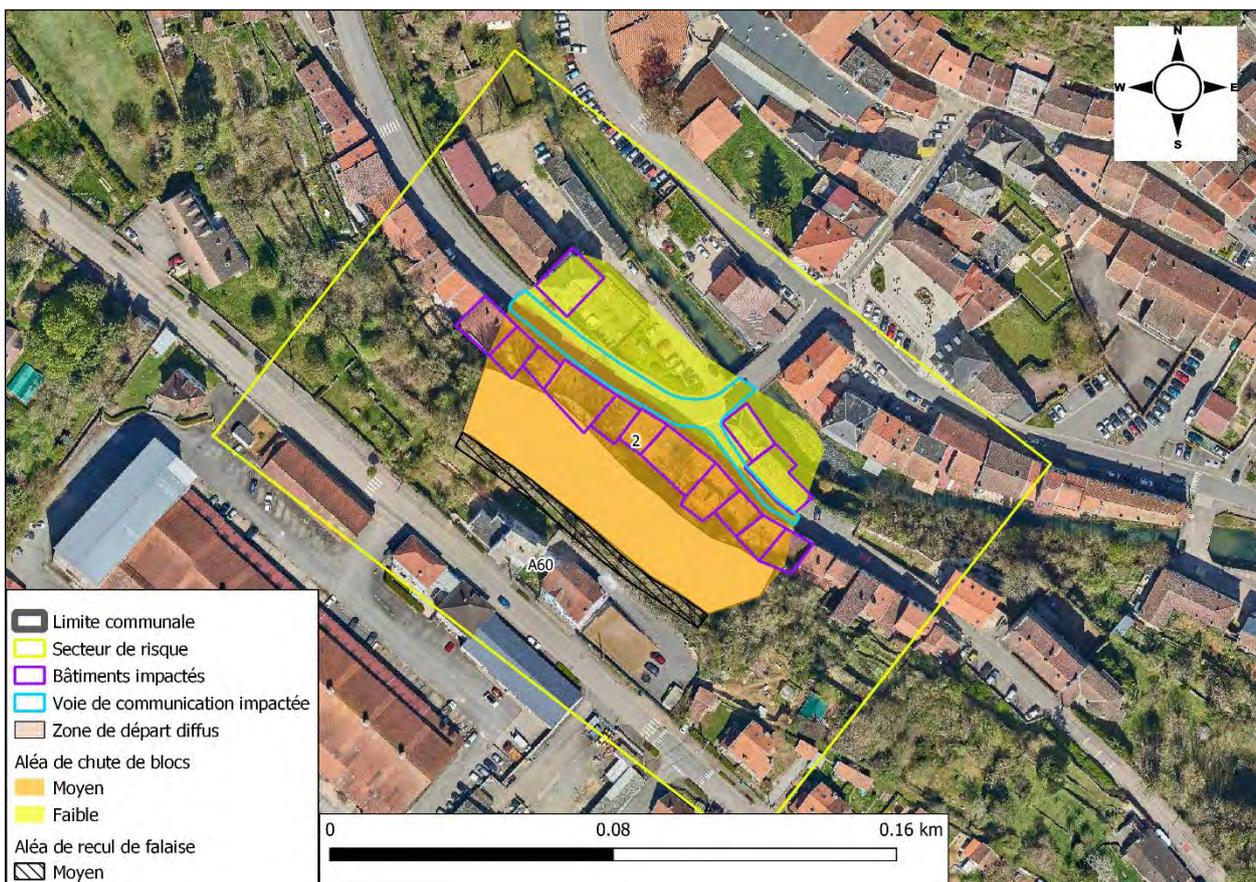


Illustration 47 – Secteur 2 le long de la rue de Verdun

Propositions de parades :

- Au vu de la proximité des enjeux, il convient d'agir directement sur les zones de départ. Cependant, ces dernières étant discontinues dans un versant très végétalisé, chaque affleurement doit être traité indépendamment. Il faut donc au préalable identifier de manière exhaustive l'intégralité des affleurements se trouvant sur le versant afin de cibler les zones à conforter. Au vu des dimensions des blocs identifiés, une purge régulière pourrait être suffisante.

Secteur 3 (A22) – illustration 45

Ce secteur se situe le long de la voie verte au niveau de Mance. La zone comprend un affleurement abrupt de 7 m de hauteur (A22c) en amont d'un hangar agricole ainsi que deux lignes d'affleurements de part et d'autre de la voie verte. Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

1 bâtiment se trouve donc en aléa moyen ainsi que 347 m² de voie de circulation.



Illustration 48 – Secteur 3 le long de la voie verte au niveau de Mance

Propositions de parades :

- Au vu des volumes et de la présence de talus le long de la voie verte, seul l'affleurement derrière le hangar pourrait nécessiter une sécurisation. Le bâtiment se trouvant directement collé à l'affleurement, toute purge pourrait être délicate à mettre en place mais peut facilement être appliquée sur le reste du linéaire. La pose d'un filet plaqué semble la solution la plus adaptée pour protéger au mieux le bâtiment, ce dernier devra sans doute être accompagné du clouage de certains surplombs.

Secteur 4 (A34) – illustration 46

Ce secteur au niveau de la rue de Tavannes à Mancieulles, limitant une parcelle privée, derrière une maison. La hauteur de l'affleurement est de 3 m et il est constitué de calcaires à bancs décimétriques, fracturés. Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans. Un seul bâtiment se trouve en aléa moyen.



Illustration 49 – Secteur 4 le long de la rue de Tavannes à Mancieulles

Propositions de parades :

- Au vu des volumes et de la facilité d'observation, une inspection régulière (5 à 10 ans) et une purge des éléments instables semble suffisante.

Secteur 5 (A12) – illustration 47

La zone à risque 3 (affleurement A12) impacte le restaurant « La Clauserie » sur la commune de Briey, à proximité du lac de Sangsue. L'affleurement correspond à une falaise de 2 m de hauteur, au niveau de la terrasse, à 4 m de hauteur environ, au niveau du bâtiment principal du restaurant. Il est constitué d'une alternance marno-calcaires avec des bancs décimétriques de calcaire. Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,05 m³ pour une période d'activité annuelle.

La zone de propagation atteint 1 bâtiment en zone d'aléa faible, la zone d'influence du recul atteint quant à elle 20 m² de chemin piéton en amont de l'affleurement.



Illustration 50 – Secteur 5 place de Niederaussen

Propositions de parades :

- Au vu des faibles volumes, de la facilité d'observation et de la faible hauteur de cette zone de départ, la présence du mur construit à moins de 2 m de la zone de départ pourrait suffire à stopper les blocs, il faudra cependant de faire évaluer ce mur par une entreprise spécialisée afin de s'assurer qu'il est correctement dimensionné pour ce rôle. Au besoin, il devra être renforcé ou remplacé. Il conviendrait également de faire évaluer la nécessité de retirer les blocs et autres matériaux qui s'accumulent en arrière de ce mur.
- Il est également possible d'agir directement sur la zone de départ en évaluant la possibilité de la conforter par un géotextile, un grillage ou du béton projeté par exemple.

Secteur 6 (A01) – illustration 48

Ce secteur correspond à un affleurement linéaire le long de la D643 sur 550 mètres. L'affleurement est haut de 2 à 10 m et présente des blocs en surplombs. Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes compris entre 0,25 m³ et 1 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la D643 en zone d'aléa fort sur un total de 1589 m².

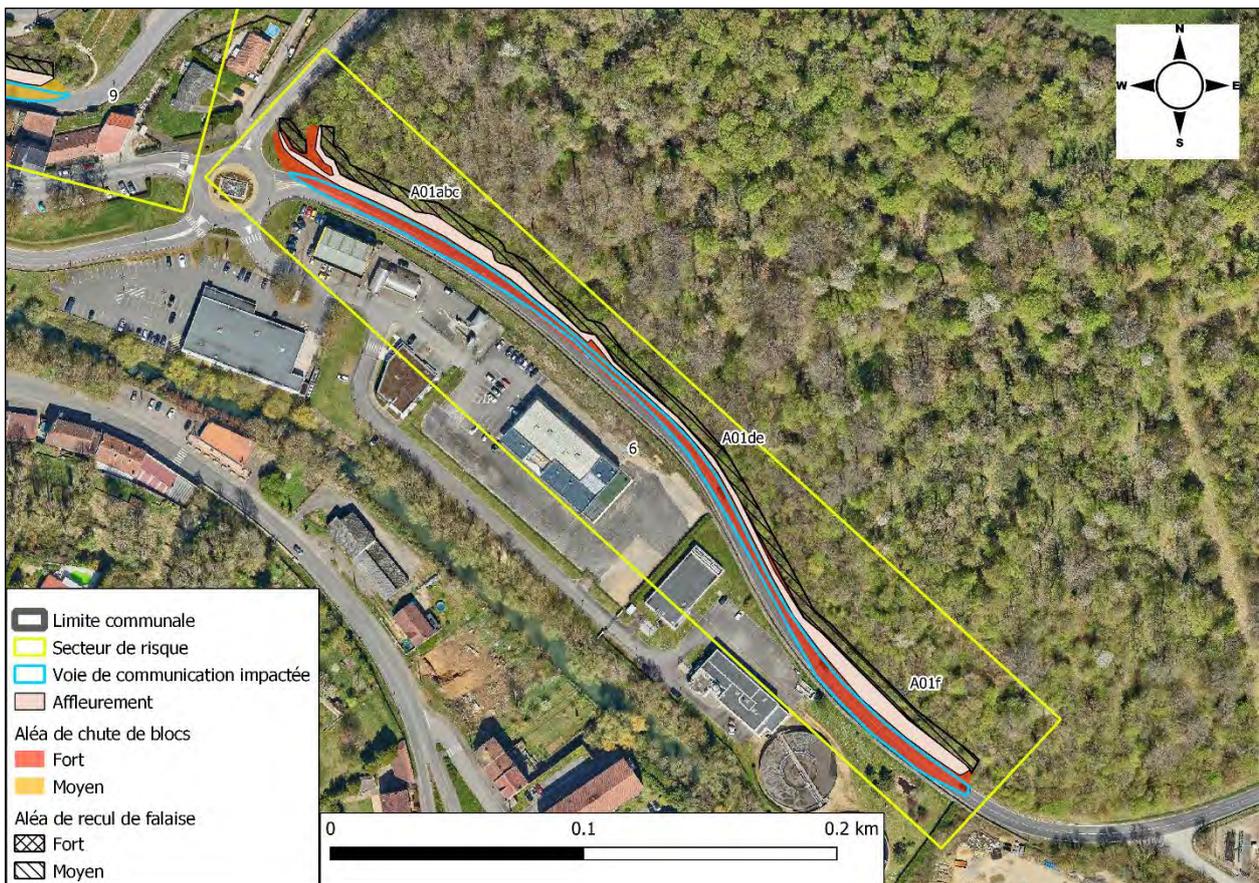


Illustration 51 – Secteur 6 le long de la route départementale D643 à Briey

Propositions de parades :

- Au vu des observations réalisées et de la proximité de la route, il est recommandé de faire évaluer la nécessité de clouer certains blocs en surplomb le long de ce linéaire. La partie haute n'étant pas toujours visible dans la végétation, la pose de filets plaqués pourrait également être localement nécessaire. En attente d'un tel confortement, il est recommandé de réaliser des inspections régulières (à minima, une inspection annuelle) et des purges lorsque nécessaire. Le maintien en bon état du filet pare-bloc déjà présent est recommandé.

Secteur 7 (A33) – illustration 49

Affleurement situé en bord de la départementale D146 au niveau du Bois de Naptant. Il s'agit d'un versant « en escalier » sur lequel est présent un filet pare-bloc.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes compris entre 0,25 m³ et 1 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la D146 en zone d'aléa fort sur un total de 1476 m².

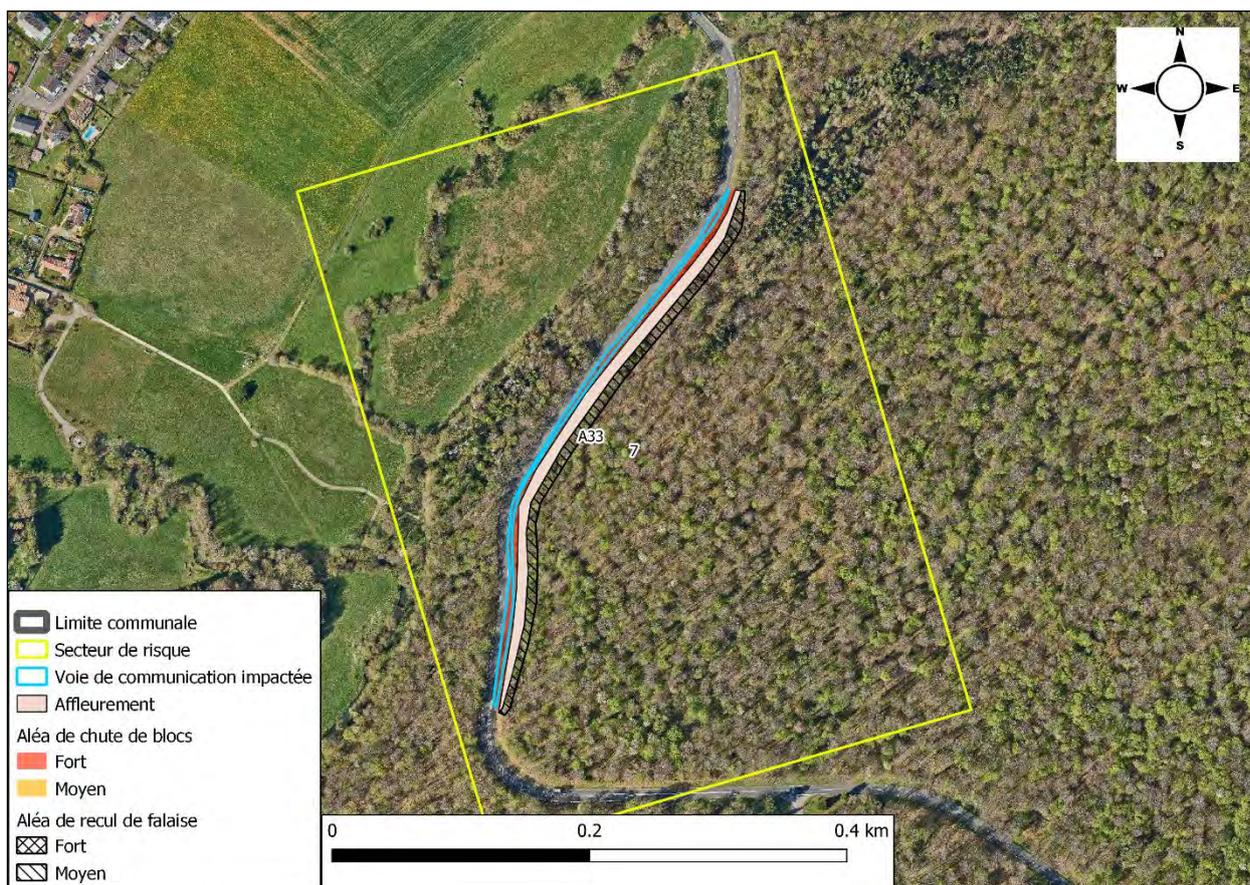


Illustration 52 – Secteur 7, le long de la D146

Propositions de parades :

- Au vu des observations réalisées, Le maintien en bon état du filet pare-bloc déjà présent est recommandé.

Secteur 8 (A02) – illustration 50

Affleurement d'environ 4 m de hauteur le long de la D643, limitrophe avec la commune de Moutiers. Il est fracturé et présente de nombreux surplombs de blocs de 300 à 500 L.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes compris entre 0,25 m³ et 1 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la D643 en zone d'aléa fort sur un total de 120 m².

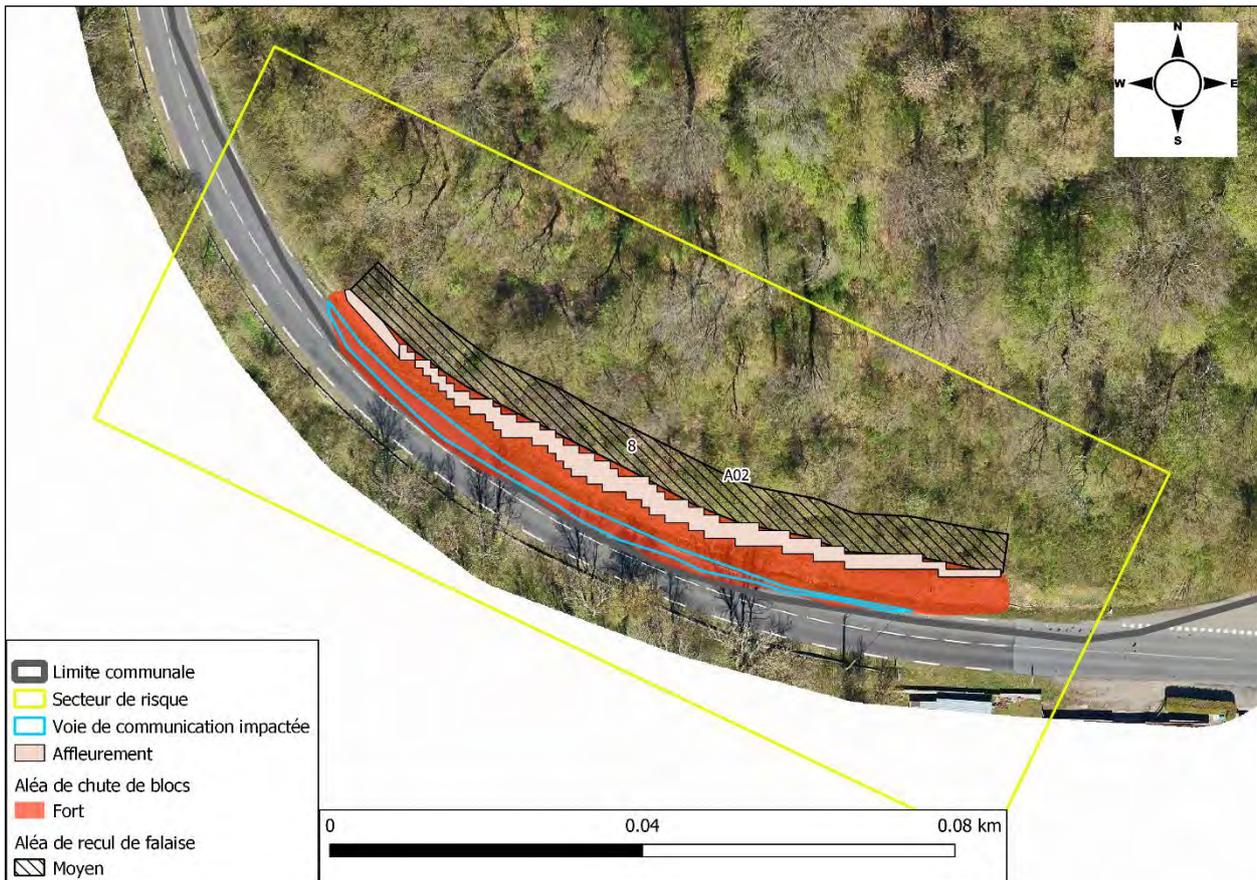


Illustration 53 – Secteur 8 le long de la route départementale D146 à Briey

Propositions de parades :

- Au vu des observations réalisées, et de l'absence d'un fossé suffisant pour protéger la route, il est recommandé de procéder à une purge ou un clouage des blocs les plus instables. Au vu de la discontinuité de cet affleurement et de sa forte fracturation, un reprofilage peut éventuellement être envisagé.

Secteur 9 (A03, A04, A05) – illustration 51

A03 – Ce secteur correspond à un affleurement au bord de la D906 à Briey. Sur la partie inférieure, les bancs de calcaires sont de 50 cm à 1 m de puissance. En partie supérieure, la couverture végétale rend impossible l'observation d'éventuel banc calcaire. Des roches en place ont pu être observées jusqu'à au moins 5 m de hauteur.

A04 – Ce secteur correspond à un affleurement possédant les mêmes caractéristiques que l'affleurement A03. Il est atteint 8 m de hauteur sur sa partie nord.

A05 - Ce secteur correspond à un affleurement très déstructuré de l'autre côté de la D906 par rapport à l'affleurement A04. Il a une partie murée au nord. Cet affleurement fait environ 2 m de haut.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la D906 en zone d'aléa moyen sur un total de 784 m².

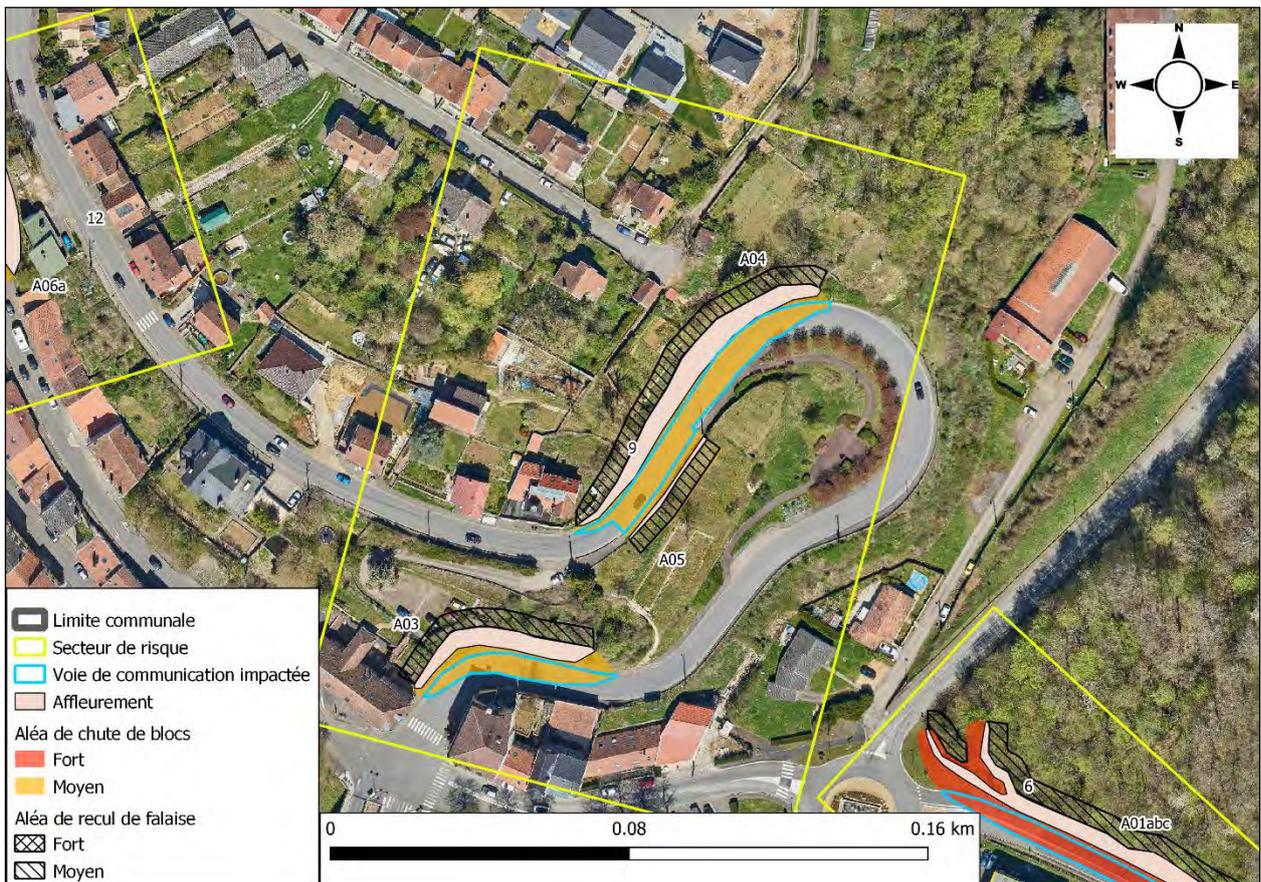


Illustration 54 – Secteur 9 le long de la D906 sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes et de la facilité d'observation, il est recommandé de maintenir une faible couverture végétale sur ces affleurements afin de faciliter leur inspection. Une expertise réalisée par une entreprise spécialisée est recommandée tous les 5 à 10 ans ou en cas d'évolution mise en évidence par des inspections visuelles.

Secteur 10 (A16, A17, A42, A43, A52) – illustration 52

Affleurements discontinus le long de la route départementale D138 au nord de la carrière à l'est de la commune de Val de Briey. Les affleurements sont haut de 1 à 2 m et se trouvent en tête de talus routier. Ils sont très fracturés et altérés sur leur partie supérieure.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la D138 en zone d'aléa moyen sur un total de 422 m².

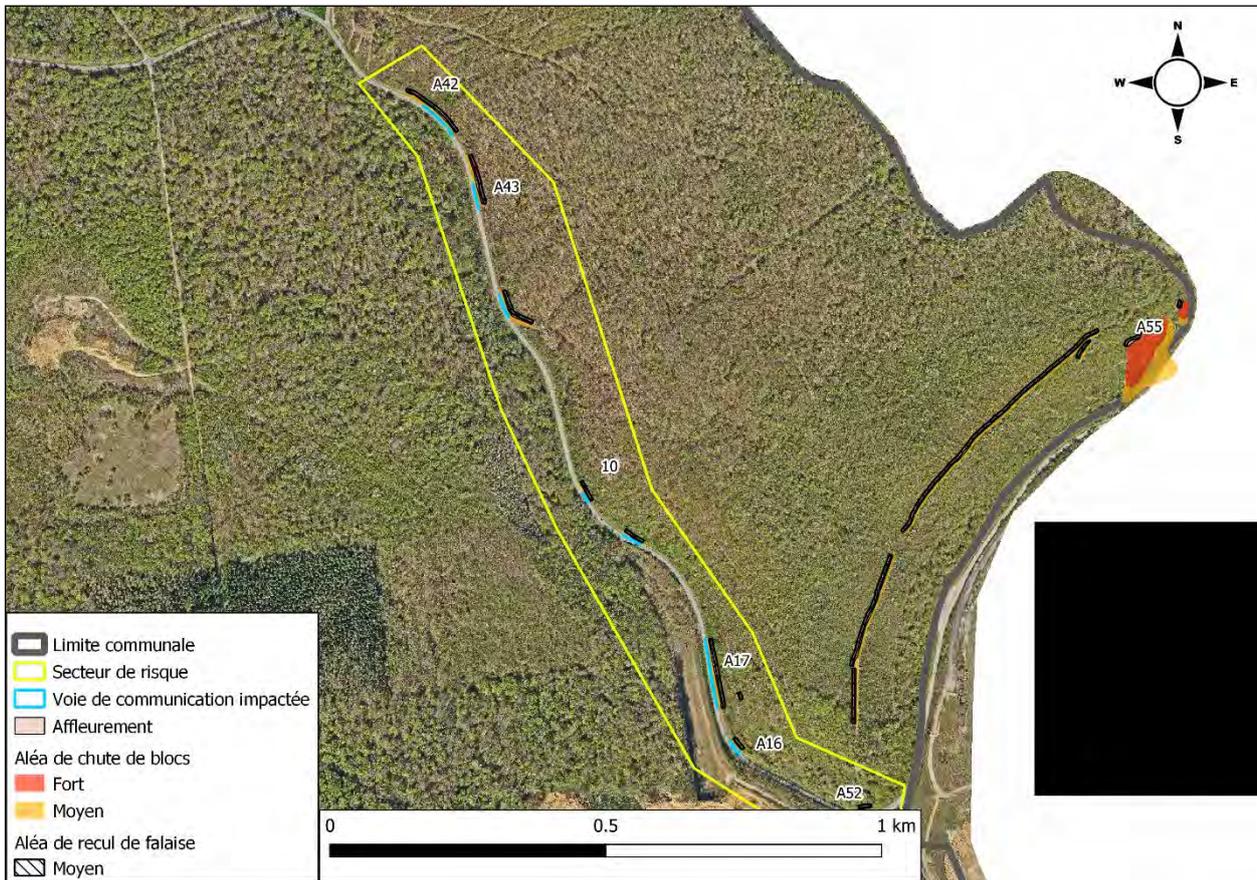


Illustration 55 – Secteur 10 le long de la D138 sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes et de la facilité d'observation, la tranchée existante le long de la départementale pourrait être suffisante pour stopper les volumes identifiés. Son dimensionnement et son entretien doivent être évalué par une entreprise spécialisée.

Secteur 11 (A13, A14) – illustration 53

Les affleurements de ce secteur se trouvent le long de la voie verte au niveau du terrain de tir de Briey et du lac de Sangsue.

A13 - La topographie en forme d'escalier du versant est dû à une succession de corniches de bancs calcaires sur une longueur d'environ 60 mètres. Le versant atteint 6 m de haut. La roche de la partie ouest affleure sur 80 mètres de long et le versant atteint les 8 m de haut.

A13a – Côté Ouest, un fossé et un merlon sont présents en pied de versant, en contrebas du chemin. La plupart des blocs peuvent être arrêté par le fossé et le merlon, mais certains pourraient atteindre la voie verte.

A13b – Côté Est, aucun fossé n'est présent en pied de versant et la zone de propagation s'étend jusqu'à la voie verte.

A14 - Il s'agit d'une zone de départ diffus « en escalier » au sein d'un versant. Cette zone diffuse fait environ 90 mètres de long et atteint une hauteur d'environ 6 mètres.

Les affleurements sont discontinus le long de la route départementale D138, au nord de la carrière, à l'est de la commune de Val de Briey. Leur hauteur est de 1 à 2 m en tête de talus routier. Ils sont très fracturés et altérés sur leur partie supérieure.

Le scénario retenu pour cette zone une chute de blocs de volumes compris entre 0,25 m³ et 1 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la voie verte en zone d'aléa fort sur un total de 405 m².

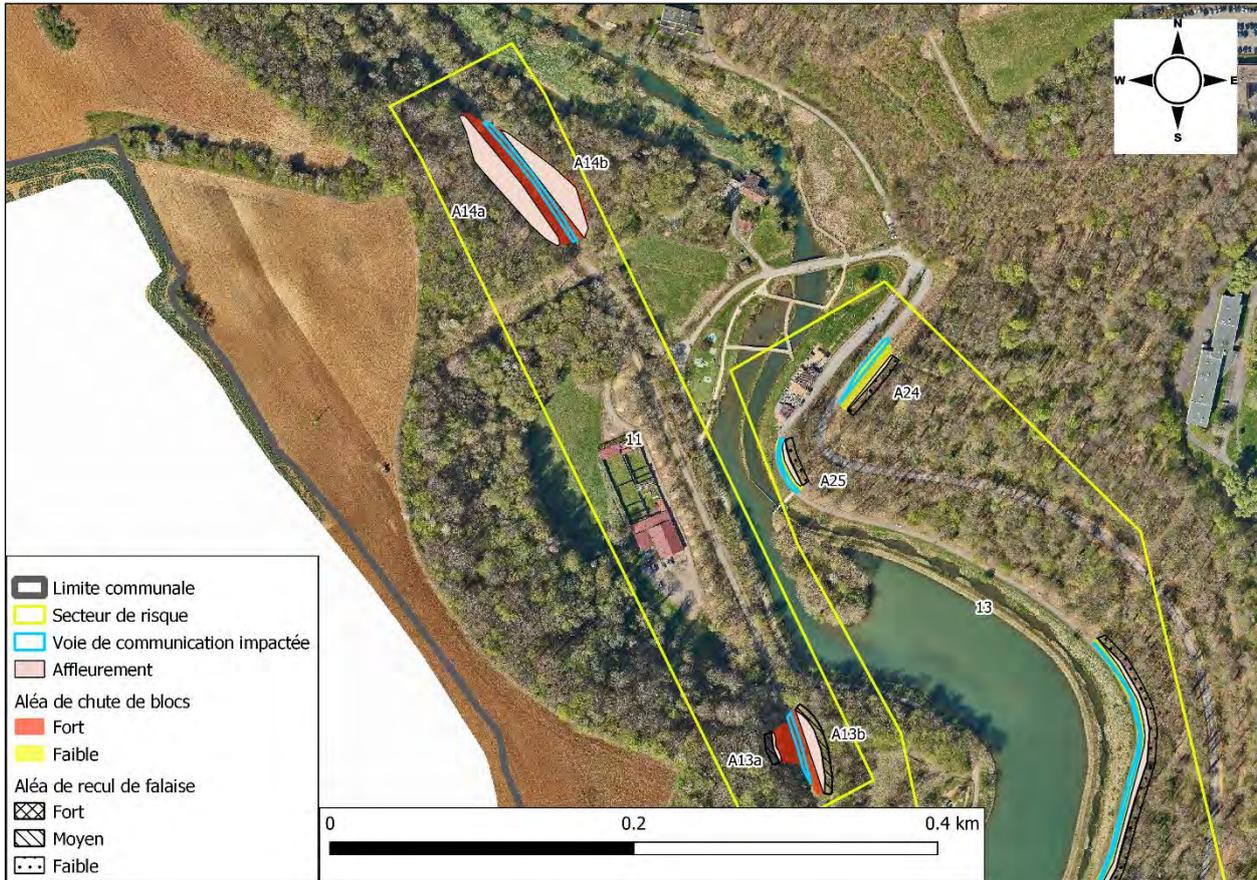


Illustration 56 – Secteur 11 le long de la voie verte au niveau du terrain de tir sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes, et de la présence de talus, une inspection tous les 5 à 10 ans afin d'identifier d'éventuels blocs instables est recommandée. Le cas échéant, une purge de ces éléments semble le plus pertinent.

Secteur 12 (A06) – illustration 54

L'affleurement est situé le long de la rue du Cloue, la roche affleure en discontinu avec quelques bancs qui ressortent localement, notamment au niveau d'une cavité à flanc de versant et d'une zone en surplomb marqué.

A06a – Il s'agit d'un petit affleurement au-dessus d'un chemin d'accès à un bâtiment présentant des bancs d'environ 1 m de puissance.

A06b – il s'agit d'affleurements discontinus dans un versant incliné raide en pied. Le versant est sous-cavé par une petite cavité. Les blocs peuvent se propager de manière diffuse jusqu'à la route en contrebas.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,25 m³ pour une période d'activité de 10 ans.

La zone de propagation atteint la rue du cloue en zone d'aléa moyen sur un total de 139 m².



Illustration 57 – Secteur 12 le long de la rue du Cloue sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Cet affleurement mesure moins de 2 m de haut mais il présente une densité de fracture importante et plusieurs blocs en surplombs sont déjà désolidarisés. La chute de ces blocs pourrait entraîner les arbres situés immédiatement au-dessus, voire une déstabilisation d'une partie du versant très raide. Il est recommandé à ce titre de faire évaluer la nécessité de couper les arbres potentiellement concernés et de purger les blocs instables. Un retalutage local pourrait être nécessaire suite à cette opération de purge.

Secteur 13 (A24, A25, A26) – illustration 55

Les affleurements sont situés le long de la voie verte à l'est du lac de la Sangsue ainsi que la route de Dolhain.

A24 – L'affleurement le long de la route de Dolhain menant au chalet du lac, est constitué de bancs marno-calcaires avec quelques bancs calcaires métriques, en partie supérieure notamment. Positionné en tête d'un versant raide avec un replat au milieu, la propagation des blocs peut atteindre la route en contrebas. La présence de nombreux blocs au pied du versant (peuvent avoir été déplacés) de moins de 50 L atteste de son activité.

A25 - Au bord du lac de Sangsue, à proximité du chalet du lac, la zone de départ correspond à une zone d'éboulis en partie supérieure du versant.

A26 – Il s'agit d'un affleurement marno-calcaire blanc et noduleux, capable de générer des blocs de moins de 50L sur une longueur d'environ 300 mètres et une hauteur de 1 à 2 m.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,05 m³ pour une période d'activité annuelle

La zone de propagation atteint la route de Dolhain ainsi que la voie verte en aléa faible sur un total de 902 m².

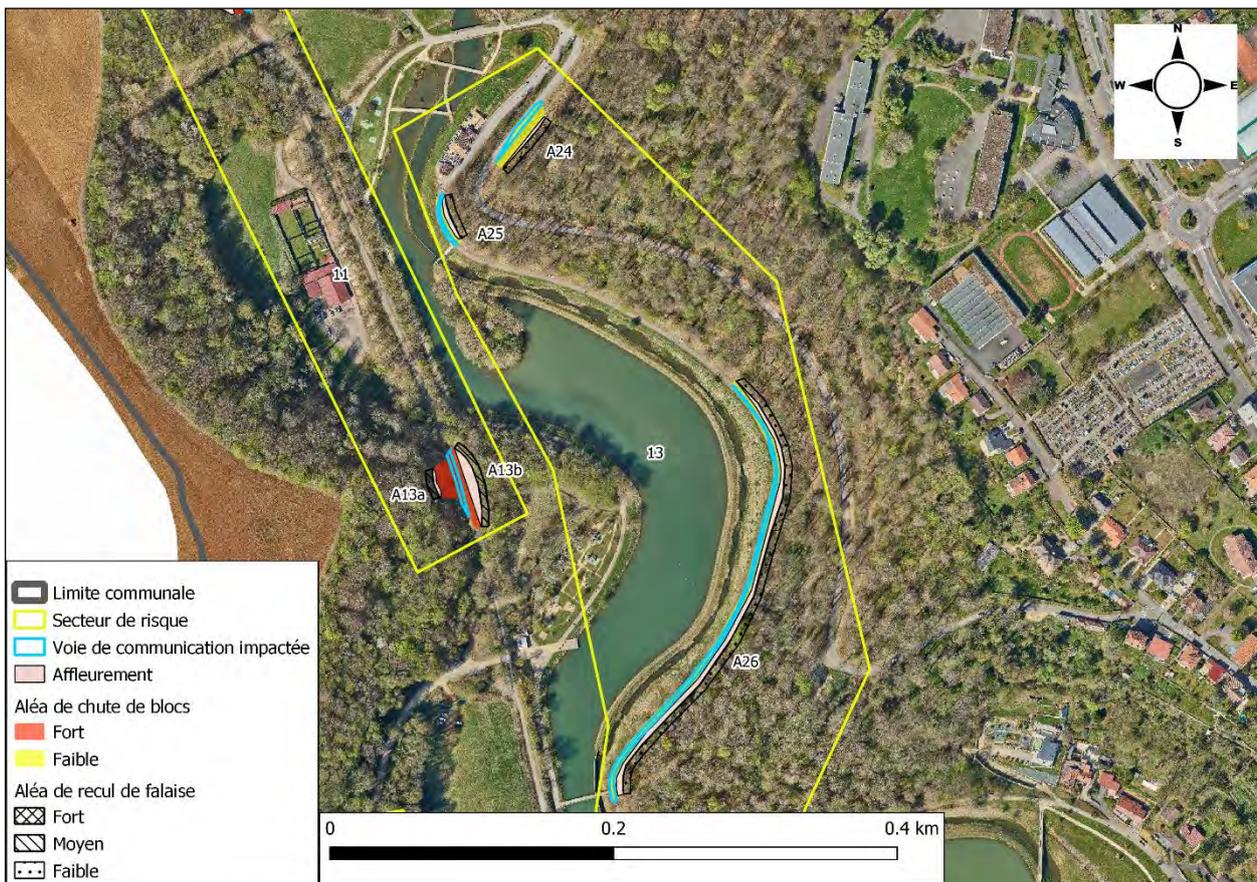


Illustration 58 – Secteur 13 le long de la voie verte à l'est du lac de la Sangsue sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes, de la présence de talus et d'une végétation abondante, aucun dommage n'est attendu sur la voie verte et aucun bâtiment ne se situe en zone de propagation, aucune parade n'est donc à envisager dans ce secteur.

Secteur 14 (A18) – illustration 56

Il s'agit d'une zone de départ diffus le long de la rue Gambetta à Briey se présentant en bancs à débits décimétriques discontinus sur toute la hauteur du versant.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,05 m³ pour une période d'activité annuelle.

La zone de propagation atteint la route de la rue Gambetta en aléa faible sur un total de 76 m².



Illustration 59 – Secteur 14 le long de la rue Gambetta sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes, la mise en place d'une fosse en pied du versant semble suffisante pour arrêter les blocs, cette dernière devra être dimensionnée par une entreprise spécialisée

Secteur 15 (A09) – illustration 57

Cette zone de départ diffus est située au niveau de la rue du Mal Foch, limitrophe avec Moutier. Elle correspond à quelques affleurements de calcaires discontinus en versant, et à des éboulis en partie supérieure. Des blocs de petits volumes pourraient atteindre la route.

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,05 m³ pour une période d'activité annuelle.

La zone de propagation atteint la route de la rue du Maréchal Foch en aléa faible sur un total de 74 m².



Illustration 60 – Secteur 15 le long de la rue du Maréchal Foch sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes la mise en place d'une fosse le long de la route serait suffisante pour stopper les blocs.

Secteur 16 (A27) – illustration 58

Cet affleurement de bancs calcaires décimétriques fracturés et discontinus se trouve le long de la rocade Alain Minoun. Plusieurs blocs de moins de 50 L ont été identifiés en pied de versant (peuvent avoir été déplacés).

Le scénario retenu pour cette zone est le suivant : chute de blocs de volumes inférieurs à 0,05 m³ pour une période d'activité annuelle.

La zone de propagation atteint la route de la rue du Maréchal Foch en aléa faible sur un total de 40 m².



Illustration 61 – Secteur 16 le long de la rocade Alain Minoun sur la commune de Briey

Propositions de parades :

- Au vu des volumes et de la facilité d’observation, la mise en place d’une fosse le long de la route serait suffisante pour stopper les blocs. Cette fosse devra être dimensionnée par une entreprise spécialisée.

5.3. RESOLUTION DE LA CARTOGRAPHIE

Les relevés de terrain ont été effectués avec une précision de l’ordre du mètre en zone urbanisée et de moins de 5 m en zone forestière (GPS et repérage sur orthophotographie). Les données LIDAR, à partir desquelles ont été détectées les zones de départ, ont une résolution de 1 m.

6. Limite de la carte et échelle de restitution

La présente étude a été menée en 2021-2022. La cartographie est basée sur l'analyse des sources documentaires disponibles (méthodologies, connaissances des mécanismes...) à cette date et sur l'exploitation des événements historiques connus. La prise en compte ultérieure de données non connues ou non disponibles en 2021-2022 (investigations, phénomènes, archives, témoignages, seuils de déclenchements, etc.) peut conduire à une révision des critères d'analyse et de la carte associée.

Toutes les cartes produites dans ce rapport, ont été réalisées pour un rendu au 1/5 000^{ème}, et toute utilisation de ces cartes ou données cartographiques à une échelle plus fine est à proscrire. Les limites telles que tracées ou représentées sur les diverses illustrations sont valables pour une échelle cartographique au 1/5 000^{ème} et ont donc une incertitude de 5 m. Pour des soucis de clarté et de visibilité à l'échelle d'une page A4, certaines illustrations montrent des agrandissements des cartes qui ne correspondent en aucun cas à des documents de travail pouvant être utilisés pour définir des limites d'aléa. Ces agrandissements sont présentés à titre illustratifs et sont non contractuels.

La carte de l'aléa chute de blocs sera livrée en version papier au 1 :5 000^{ème}. La précision des limites de zones cartographiées à cette échelle est de 5 m auxquels il faut ajouter l'épaisseur du trait de report (1 mm pour 5 m).

Il convient aussi de ne pas confondre échelle et résolution réelle avec le facteur d'agrandissement d'une carte. On n'obtient en aucun cas un plan au 1 :5 000^{ème} avec la résolution du 1 :5 000^{ème} en agrandissant de 2 fois une carte levée au 1 :10 000^{ème}.

7. Conclusions

La cartographie de l'aléa sur la commune de Val de Briey a été réalisée en suivant une approche de type expert basée sur la méthode MEZAP.

Cette cartographie a permis de caractériser 56 escarpements et 37 phénomènes de chute de blocs. Bien que cet inventaire ne soit pas exhaustif, il permet de cibler les zones particulièrement exposées et permet de quantifier les volumes potentiellement mobilisables.

Les observations de terrain et les données topographiques ont permis de définir pour chacune des zones de départs, l'indice d'intensité (ce qui part) et l'indice d'activité (avec quelle fréquence), ainsi que la probabilité d'atteinte des blocs pouvant chuter. Le croisement de ces trois critères a permis d'évaluer l'aléa chute de blocs.

La chute successive ou simultanée de plusieurs blocs peut entraîner un recul de la tête de falaise et déstabiliser les terrains situés en amont de la falaise. Ce phénomène a été cartographié au titre de l'aléa de recul sur une zone de 5 m de large en amont des têtes de falaises. Les reculs réels seraient inférieurs à cette valeur d'après la méthodologie employée mais la résolution de la cartographie ne permet pas de représenter des zones de moins de 5 m de large.

Sur la base de la cartographie de l'aléa, un ciblage des zones à enjeux a été réalisé et des propositions de parades ont été formulées. Pour ce faire, les enjeux ont été scindés en deux catégories, bâtiment et voie de communication. Le croisement des classes d'aléa et de enjeux a permis de hiérarchiser les zones par priorité de mise en œuvre des solutions de parade. 16 secteurs différents ont été hiérarchisés avec les priorités suivantes au niveau communal :

- 5 bâtiments sont classés en priorité très forte ;
- 13 bâtiments sont classés en priorité forte ;
- 4 bâtiments sont classés en priorité moyenne ;
- 3185 m² de voie de communication sont classés en priorité forte ;
- 1960 m² de voie de communication sont classés en priorité moyenne ;
- 1903 m² de voie de communication sont classés en priorité faible.

Les parades proposées dans ce rapport le sont à titre indicatif, sans calcul de dimensionnement ou analyse des rapport coûts/bénéfices. Chacun de ces secteurs devra faire l'objet d'une évaluation de faisabilité de confortement par une entreprise spécialisée qui pourra dimensionner et chiffrer les différentes options possibles. Rappelons que les zones de recul de tête de falaise sont soumises à un phénomène qui peut être brutal entraînant une déstabilisation des terrains qui peut être difficilement contrôlable. À ce titre, ces zones ne doivent pas être confondues avec les zones d'aléa de chute de bloc, notamment en terme de préconisation constructive.

8. Bibliographie

Berger (2009) – Pour une meilleure prise en compte des forêts à fonction de protection vis-à-vis des risques naturels dans les plans de prévention des risques naturels prévisibles, les aménagements forestiers et les chartes forestières de territoire. Programme "Risque Décision Territoire".

Besson L. (MIRNAT 38), Durville JL. (LCPC), Garry G., Grasz E. (DGUHC), Hubert T., Toulemont M. (DPPR) (1999) – Guide méthodologique "Plans de prévention des risques naturels (PPR), risques mouvements de terrain".

Colas B., Faure P., Rohmer J. (2017) – Valorisation des travaux réalisés dans le cadre du GT MEZAP (Année 1). Rapport d'avancement. BRGM/RP-66589-FR. 73p., 57 ill., 1 ann.

Chèvremont Ph. (2004) – Carte géologique harmonisée du département de Meurthe-et-Moselle. BRGM/RP-53501-FR, 100 p., 3 fig., 18 tabl., 1 ann., 3 pl. hors texte

Dussauge-Peisser C. (2002) – Evaluation de l'aléa éboulement rocheux Développements méthodologiques et approches expérimentales. Application aux falaises calcaires du Y grenoblois. Thèse es Géologie appliquée. Université Joseph-Fourier - Grenoble I. Français. tel-00739372

BRGM, CETE, DGPR, DDT 06, DDT 38, DDT 74, IFSTTAR, Irstea, ONF-RTM (2014) - Proposition d'une note technique à l'attention des Services Déconcentrés de l'Etat en charge des procédures PPRn - Méthodologie de l'élaboration du volet « aléa rocheux » d'un PPRn. Rédaction du groupe de travail MEZAP du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, 49 pages, 4 illustrations, 6 annexes.

Gutierrez T., Garnier C., Colas B. (2016) – Cartographie de l'aléa chute de blocs de l'ancienne carrière de Casevecchie (Ville-di-Pietrabugno, Haute Corse). Rapport final. BRGM/RP-65916-FR, 105 pages, 74 illustrations, 2 annexes.

Hantz D., Guillemot A., Epinat C., D'Amato J., Guerin A., Jaboyedoff M., Alber S., Abellan A. (2018) – Rockfall release frequency for different rock wall types. 4th International Symposium Rock Slope Stability, Chambéry 83-84.

Heim, A. (1932) – Bergsturz und Menschenleben, Fretz und Wasmuth, Zurich, 218 pp

Jaboyedoff M., Labiouse V. (2011) – Technical Note: Preliminary estimation of rockfall runout zones. NHESS11 (3): 819-28.

LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) (2004) – Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux.

Le Roux J., Bellorini J-P., Pironon B., Steiner P. (1983) – Notice explicative de la feuille de Briey a 1/50000.

Levy, C., Colas B., Rohmer J., Berger, F. (2021) – ELANA (Energy Line Angle Normalized Area): un outil d'aide à la cartographie de la propagation des chutes de blocs basée sur la méthode de la ligne d'énergie à différentes échelles. 5th RSS Rock Slope Stability Symposium, Chambéry

Maquaire O. et Gigot P. (1998) – Reconnaissance par sismique réfraction de la décompression et de l'instabilité des falaises vives du Bessin (Normandie, France). *Geodinamica Acta* (Paris) 2, 3, 150-159.

Marçot N., Girard A. (2013) – Projet Massa Alcotra n°65 (Medium and Small Size rock fall hazard Assessment) : Evaluation de l'aléa lié aux chutes de blocs et aux éboulements de volume intermédiaire. 186 p.

Moon V.G. et Healy T. (1994) – Mechanisms of coastal cliff retreat and hazard zone delineation in soft flysch deposits. *Journal of Coastal Research* 10, 3, 663-680.

Rey A. (2016) – PPR multi-aléas des communes de la Réunion. Propositions d'évolutions méthodologiques. Rapport final. BRGM/RP-66346-FR, 167p., 57 ill., 38 tabl., 5 ann.

Vallet A., Hannion Y. (2018) - Evaluation de l'aléa chute de blocs - Rue Emile Tabarant - Commune de Laroche-Saint-Cydroine (Yonne). Rapport final. BRGM/RP-68502-FR, 115 p., 4 ann., 1 CD

Vallet A., Husson E., Noury G., Rabin M. (2019) – Cartographie des aléas effondrement/affaissement lié au karst, glissement de terrain et chute de blocs sur la commune de Belfort (90). Rapport final. BRGM/ RP-69009-FR, 203 p., 66 ill., 8 ann., 1 USB.

Vincent M., Zornette N. (2001) – Projet PACTES – Modules cartographique du risque potentiel de mouvement de terrain. BRGM/RP-51327-FR, 44p., 24 fig.

Annexe 1 : Facteurs intervenant dans la chute de blocs

Les facteurs de prédisposition intrinsèques au massif rocheux

La première condition est l'existence de blocs au sein d'un massif fracturé. Il y a par ailleurs des facteurs favorables à la mobilisation des blocs (*Marçot et Girard, 2013*) :

- **une topographie** en falaise ou l'existence de reliefs rocheux fissurés. Elle conditionne l'essentiel de la fréquence des chutes de blocs. Les bassins sédimentaires présentent des mouvements de terrains liés le plus souvent à des conditions géomorphologiques, lithologiques ou anthropiques locales tels que l'encaissement du réseau hydrographique dans la craie (vallées de la Seine, de l'Eure, de l'Iton, etc.).
- **la géologie** :
 - o la lithologie. Elle contribue au déséquilibre gravitaire à l'origine des mouvements de terrains. Certains calcaires fissurés forment des surplombs instables qui peuvent se détacher de leur support et s'écrouler brutalement. Dans le cas des alternances marne-calcaire, ces deux types de matériaux ne s'érodent pas de la même façon et cela entraîne un recul de la paroi au niveau des marnes. Cela prend la forme de sous-cavages (aussi appelés abris sous-roche) dominés par un surplomb calcaire ;
 - o la structure (la fracturation, le pendage, la présence de joints de stratification, de plis, de schistosité qui constituent des zones de faiblesse dans un massif).

Les facteurs de prédisposition environnementaux

La mise en mouvement des blocs est liée à un changement des conditions de stabilité qui peut avoir plusieurs origines, combinées ou non. Ainsi, les facteurs environnementaux favorisant le déclenchement d'un évènement sont nombreux (illustration 59).

Le climat joue un rôle important dans le déséquilibre des versants, surimposant son action aux autres causes potentielles. Il influence la stabilité des versants par ses composantes hydriques et thermiques et mécaniques et leurs conséquences sur les propriétés mécaniques des sols.

- influence de la température : la cryoclastie (alternance de phases de gel/dégel) est le facteur climatique principal dans la chute de blocs, au moins pour ce qui concerne l'occurrence des phénomènes les moins intenses. L'eau passe de l'état liquide à celui de solide avec une augmentation de volume de 9%. Elle entraîne ainsi l'éclatement de la roche et crée de nouvelles fissures. Par ailleurs, les fortes variations de température modifient l'état de contrainte du massif et favorisent la propagation des fissures ;
- influence de l'eau : l'infiltration d'eau dans un terrain (pluies, fontes des neiges, crues de cours d'eau à proximité, etc.) a des conséquences sur la cohésion du matériel. Elle entraîne une diminution de la résistance au cisaillement. Avec une importante présence d'eau, des surpressions peuvent se produire sous des blocs ou sous le terrain lui-même. L'alternance de périodes pluvieuses et sèches constitue un agent climatique déterminant sur les déséquilibres des versants ;
- influence du vent et de la houle : le vent et la houle provoquent une sollicitation mécanique du versant qui entraîne une dégradation des propriétés mécaniques de la roche ;
- d'autres facteurs naturels influencent la stabilité des versants :

- la sismicité/ les vibrations ;
- la modification de la répartition des masses par érosion en pied de versant par une rivière par exemple ou par surcharge en haut d'une pente (*Société Suisse de Géomorphologie, 2009*) ;
- la croissance de la végétation. La croissance des racines des arbres insinuées dans les fissures participe activement à l'augmentation de taille de ces dernières. De plus, à la mort des arbres, les passages des racines ainsi libérées constituent des lieux de circulation préférentielle des eaux de ruissellement qui continuent d'agrandir les fissures par dissolution de la roche. Enfin, lorsque le couvert végétal est très dense, le poids est plus important, ce qui augmente les forces motrices.

Enfin, outre les différents facteurs de déséquilibre naturels précédemment examinés, il y a lieu de signaler que l'homme est un puissant agent de déstabilisation des versants par les aménagements qu'il leur impose : déblais ou remblais, fondations de maisons, réduction de l'emprise forestière, modification des écoulements de surface et sub-surface...

Processus	Agents	Effets	Dynamique
Action physico-chimique et dissolution	Eau Cycle hydroclimatiques Acides humiques	Altération matricielle Destruction de ponts rocheux Altération des caractéristiques mécaniques	Lente et souvent masquée
Dislocation	Effets gravitaires Racines Fluage d'une assise Gel, faible profondeur	Destruction mécanique des ponts rocheux Ouverture de fissuration	Lente sous nos latitudes
Erosion mécanique, mise en surplomb	Ecoulement d'eau Abrasion Erosion éolienne	Mise en équilibre par suppression d'appui Perte de cohésion	Variable, peut être rapide
Action mécanique de l'eau (pression hydraulique)	Infiltrations Circulations internes du massif	Déstabilisation par des poussées hydrauliques	Variable, peut être rapide, cyclique
Gélifraction	Gel	Réduction des surfaces d'appui par ablation Décohésion et dislocation des fractures	Lente
Fatigue mécanique	Sollicitation physique et niveau de contraintes élevées	Ecaillage, dégradation mécanique des ponts rocheux Progression des fissures	Rarement processus significatif à l'échelle humaine, sauf contextes extrêmes
Application de forces extrêmes	Variation d'effort Déstabilisation anthropique Modification des conditions hydrauliques Séismes	Déstabilisation, activation de nouveaux mécanismes de rupture	Variable, éventuellement rapide Peut-être accidentel

Illustration 62 – Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux, d'après LCPC (2004)

Annexe 2 : Outil de cartographie ELANA, les étapes de calculs

Etapes de calculs réalisées par l'outil ELANA :

- recherche de la direction de plus grande pente autour de chaque pixel de départ « amont » par pas de 1° (Fig. 3a) ;
- sélection des directions autour de la plus grande pente dans un cône d'ouverture 2 fois α (α étant défini par l'utilisateur) et pour des pentes initiales supérieures à 26° (Fig. 3a) ;
- interpolation de profils topographiques depuis le pixel de départ pour toutes les directions sélectionnées et avec une discrétisation horizontale de la taille de la maille (Fig. 3a) ;
- calcul des couples (A_n, β) obtenus pour chaque point des profils topographiques (Fig. 3b) et leur comparaison avec les lois empiriques. En chaque point du profil, on précise la probabilité de propagation (forte, moyenne, faible ou nulle, Fig. 3b);
- report des probabilités de propagation obtenues pour chaque profil (Fig. 3c) dans un « raster de propagation » (Fig. 3d). Les résultats sont donc conservateurs vis-à-vis de l'aléa de propagation : la probabilité retenue pour chaque pixel est la valeur la plus défavorable obtenue pour tous les profils interceptant le pixel.

Tout au long du processus des tests sont réalisés afin de vérifier la pertinence ou les limites des calculs réalisés (longueur de profils, résolution spatiale finale, etc.).

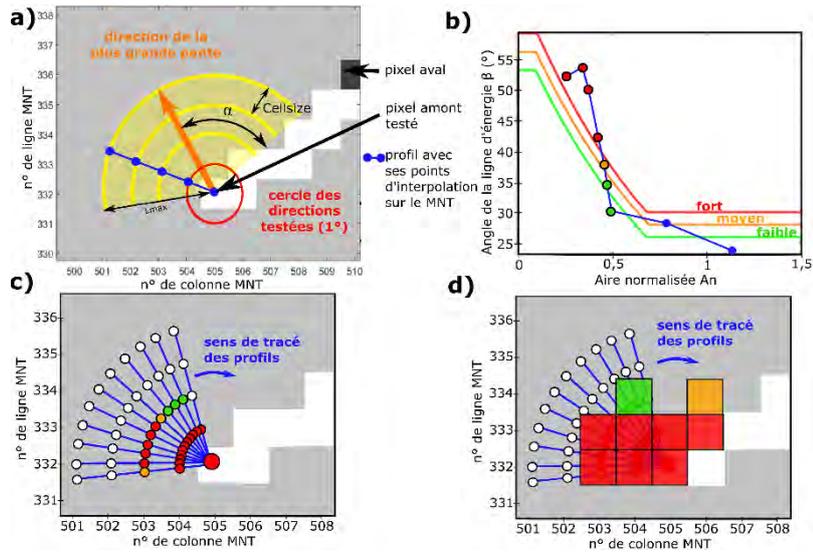


Figure 3 : a) Exemple des étapes d'ELANA pour un pixel de départ en chute de blocs : recherche de la direction de plus grande pente autour du pixel, sélection des directions autour de la plus grande pente dans un cône d'ouverture 2α et exemple de l'interpolation d'un profil topographique de longueur L_{max} . b) Calcul des couples (A_n, β) pour chaque point du profil et comparaison avec les lois empiriques de propagation. En chaque point du profil, on précise la probabilité de propagation (forte, moyenne, faible ou nulle). c) et d) Reports des probabilités de propagation obtenus pour différents profils dans le raster des probabilités de propagation. La probabilité retenue est la plus défavorable obtenue pour tous les profils interceptant le pixel.

Annexe 3 : Localisation et Fiches descriptives des affleurements expertisés

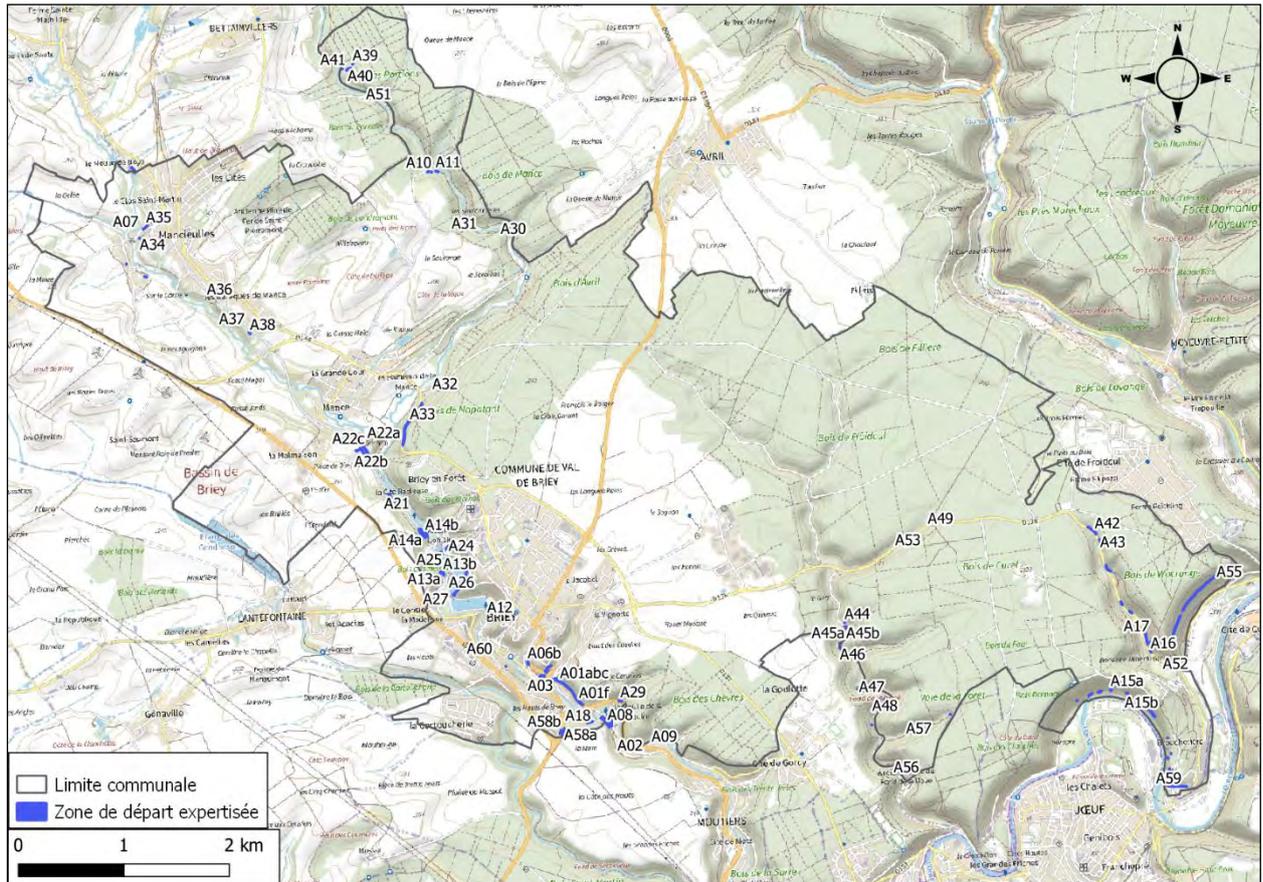


Illustration 63 – Localisation des affleurements expertisés

TERRAIN BRIEY

A1

Linéaire de falaise le long de la D643 de 550 mètres. A été subdivisé en plusieurs sous-parties de zones homogènes de départ et décrites en sous-zones. Profil de versant de type D sauf pour les sections a et b.

A1b – Cette partie correspond au début de l'affleurement sur sa partie nord-ouest au niveau du rond-point, sa direction est globalement N-S. La falaise dispose d'un filet plaqué sur sa partie inférieure qui fait 2m de hauteur. Au-dessus de cette partie inférieure, il y a un replat puis une deuxième falaise (dans la continuité de ce qu'on va retrouver en partie supérieure en A1a), à priori les blocs de cette falaise ne peuvent pas atteindre le bas de la falaise.



Illustration 64 – Photo de l'affleurement A1b

A1a – Cette partie correspond au prolongement de la partie A1b avec une direction différente (NW-SE). Présence d'un filet plaqué également. On retrouve le replat an hauteur que l'on a en b avec un recul moins important, par conséquent les blocs situés en hauteur peuvent potentiellement atteindre la route.



Illustration 65 – Photos de l'affleurement A1a

A1c – Il s'agit de la même zone que b et a mais sans replat en hauteur.

A1d – Falaise en partie basse de – 2m de hauteur, en partie haute colluvions. Coupe visible sur une petite partie puis les colluvions se perdent sous la couverture végétale plus loin.



Illustration 66 – Photo de l’affleurement A1d

A1e – Continuité à priori de A1d. La présence de blocs a été vérifiée dans le versant incliné, il n’y en a pas (pas de zone de départ diffus sur ce versant de ce fait).



Illustration 67 – Photos de l’affleurement A1e

A1f – Falaise très haute, avec blocs en surplomb à son sommet.



Illustration 68 – Photos de l'affleurement A1f

Scénario :

Zone homogène A1 – 0,25-1m³ tous les 10 ans

A2

Affleurement le long de la D643, limitrophe avec la commune de Moutiers. Divisé en deux zones homogènes avec un versant pentu au-dessus de moins de 26° et sans blocs remobilisables (à priori pas de zone d'aléa diffus).

A2a – Affleurement caché par la végétation qui montrait de nombreux surplombs de blocs de 300, 500L (référence photo de droite). Fracturation bien présente et perpendiculaire de direction N140° ET N70°.

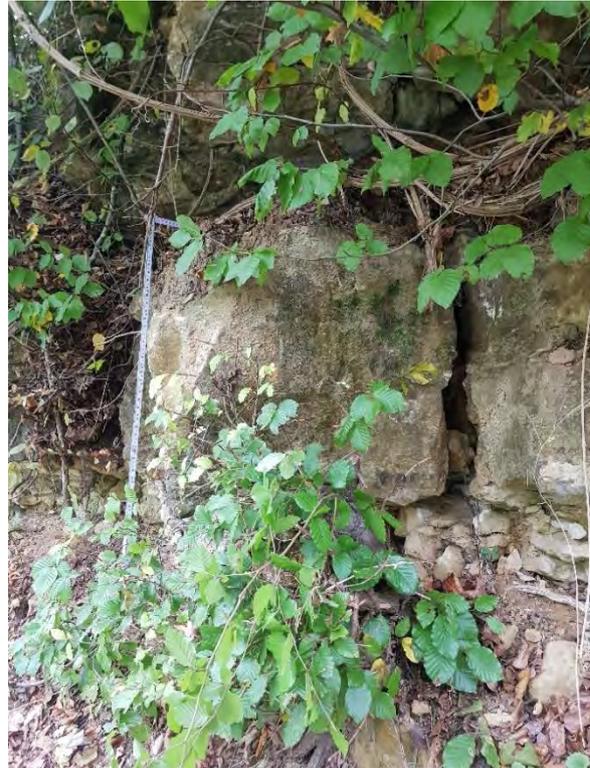


Illustration 69 – Photos de l'affleurement A2a

Scénario : 0,25-1 m³ tous les 10 ans

A2b – Continuité de l'affleurement A2a vers le nord-ouest, affleure moins et végétation moins abondante.



Illustration 70 – Photo de l'affleurement A2b

A3

Affleurement au bord de la D906 à Briey, sur la partie inférieure les bancs de calcaires sont de 50 cm à 1 m de puissance. En partie supérieure, la couverture végétale rend impossible l'observation d'éventuel banc calcaire. Des roches en place ont pu être observées jusqu'à au moins 5 m de hauteur. Il s'agit d'un versant de type D. Propagation des blocs possibles jusqu'à la première voie de circulation.

Un bloc basculé d'environ 100 litre est visible dans le versant, il s'agit probablement d'une rupture de surplomb. Le bloc pourrait être remobilisable. Un autre bloc d'environ 30 litres est présent au pied de la falaise.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 71 – Photos de l'affleurement A3

A4

Affleurement sur 100 mètres longeant la D906 à Briey. Une partie a été bétonnée sur la zone centrale de l'affleurement. Présence d'eau qui ruisselle lors du terrain, sur la partie bétonnée et non-bétonnée également.

A4 – Portion nord de l'affleurement, bancs décimétriques à sa base, et végétation en partie supérieure. Atteint jusqu'à 8 mètres de hauteur sur sa partie nord. Bloc de référence d'environ 150 L en surplomb (photo gauche). Propagation possible jusqu'à la moitié de la route.



Calcaire à bancs décimétriques que l'on retrouve en partie au-dessus du banc bétonné. Propagation des blocs possible jusqu'à la moitié de la 1^{ère} voie de circulation.



Illustration 72 – Photos de l’affleurement A4 (2)

Scénario : < 0,25 m³ tous les 10 ans

A5

Affleurement très déstructuré de l'autre côté de la D906 par rapport à l'affleurement A4. Partie murée au nord. Cet affleurement fait à peine 2m de haut, profil de type D. Propagation des blocs possibles sur le trottoir, pas au-delà.

Scénario : < 0,25 m³ tous les 10 ans



Illustration 73 – Photo de l'affleurement A5

A6

Affleurement situé le long de la rue du Cloue, la roche affleure en discontinu avec quelques bancs qui ressortent et une cavité à flanc de versant. Zone à aléa diffus qui s'étend derrière les habitations qui comprend une petite zone de départ dont la présence n'a pas pu être vérifiée sur le terrain.

A6a – Petit affleurement au-dessus d'un chemin d'accès à un bâtiment qui monte. Banc d'environ 1 m de puissance, qui se trouve jusqu'à 3 m de hauteur. Profil de type D avec une propagation probable des blocs ne dépassant pas le trottoir.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

NB : Localement risque d'un éboulement. Grands arbres au-dessus de l'affleurement penchés, avec un surplomb des bancs calcaires au-dessus du chemin, le versant est déstabilisé.

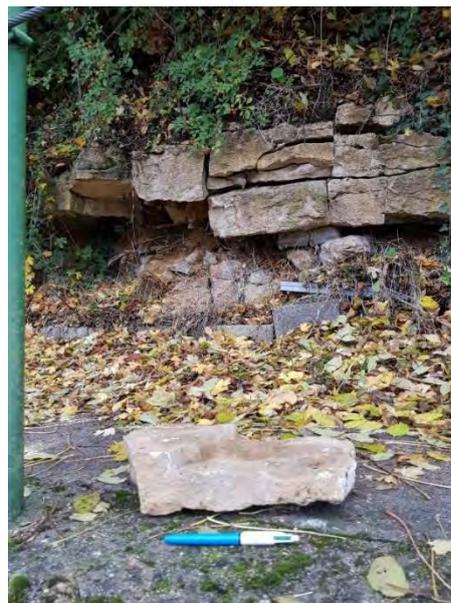


Illustration 74 – Photos de l'affleurement A6a

A6b – Affleurements discontinus, versant incliné raide en pied (type B/C). Versant sous-cavé par une petite cavité. Les blocs peuvent se propager de manière diffuse jusqu'à la limite des places de stationnements.

Scénario : < 0,2 5m³ tous les 10 ans



Illustration 75– Photo de l'affleurement A6b

A7

Affleurement à Mancieulles au niveau de la rue du Moulin, il est situé sur une propriété privée et a donc été vu de loin. Il s'agit de bancs métriques de calcaire avec un profil de versant de type D.

Scénario : 0,25-1 m³ tous les 10 ans



Illustration 76 – Photo de l'affleurement A7

A8

Affleurement en partie sur Moutiers au niveau du Moulin de la Caulre. Il s'agit d'un calcaire très fracturé à débit centimétrique avec végétation très présente. Versant de type D, la zone d'atterrissement des blocs correspond à un sol végétal, ils n'atteignent pas le chemin carrossable.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

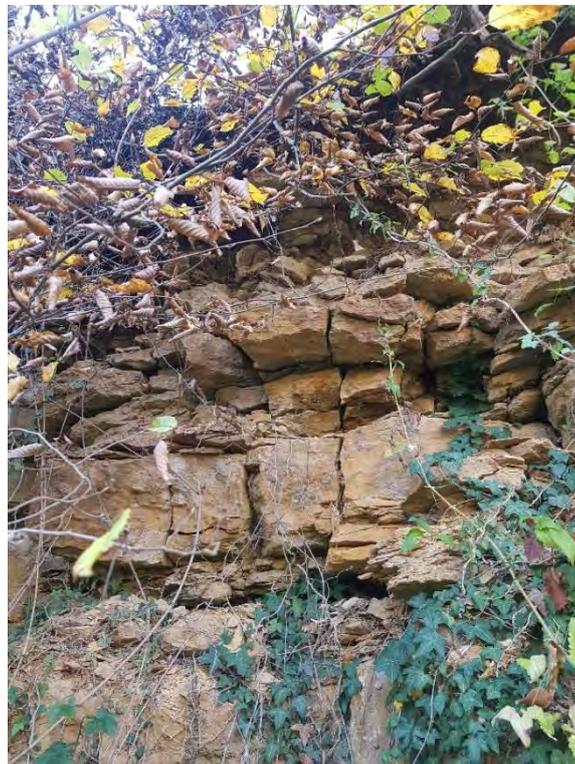


Illustration 77 – Photos de l'affleurement A8

A9

Zone de départ diffus située au niveau de la rue du Mal Foch, limitrophe avec Moutier. Quelques affleurements de roche discontinus, éboulis en partie supérieure. Il s'agit d'un profil de type B. Des blocs de petits volumes pourraient atteindre la route.

Scénario : 50 L tous les ans



Illustration 78 – Photo de l'affleurement A9

A10

Affleurement situé au Nord de la commune de Mance à proximité du bois de Mance. Présence de bancs calcaires décimétriques présentant une fracturation très ouverte de direction N30°, et interbancs marneux très érodés. Propagation de blocs possible jusqu'au chemin. Profil de type B voire D. Présence de blocs de moins de 50 L au pied du versant (n'atteignant pas le chemin, possible qu'ils aient été déplacés).



Illustration 79 – Photo de l'affleurement A10

Scénario : < 50 L tous les ans

A11

Affleurement en bord du chemin surplombant le ruisseau de la vallée. Fait à peine 2m de haut par endroit. Il s'agit d'un calcaire bioclastique jaunâtre à bancs décimétriques très fracturé, susceptible de générer des blocs ne dépassant pas 50 L. La zone de propagation maximale enveloppe le chemin. Le versant correspond à un type de profil B.



Illustration 80 – Photo de l'affleurement A11

Scénario : < 50 L tous les ans

A12

Affleurement de 2 à 4 m de hauteur derrière le restaurant « La Clauserie » à Briey, partiellement visible car caché par le bâtiment. La lithologie semble correspondre à une alternance de banc calcaires décimétriques et de bancs marneux, l'ensemble de couleur jaunâtre Il s'agit d'un versant de type D.

Scénario : < 50 L tous les ans



Illustration 81 – Photos de l'affleurement A12

A13

Affleurement des deux côtés de la voie verte au niveau du lac de Sangsue à Briey. La partie Est n'est pas ressortie en zone de départ suite au traitement LiDAR, pourtant la roche affleure avec des bancs calcaires qui se suivent une longueur d'environ 60 mètres et s'arrangent comme en « escalier » sur la hauteur. Le versant atteint 6 m de haut.

La partie Ouest se suit sur près de 80 mètres et atteint 8 m de haut.

Globalement, le versant présente un pente moyenne d'environ 40° (à priori).

A13a – Affleurement côté ouest, avec un fossé et merlon en pied de versant, en contrebas du chemin. Bancs métriques. La plupart des blocs peuvent être arrêté par le fossé et le merlon, mais certains pourraient atteindre la voie verte.

Scenario : 250 – 1 m³ tous les 10 ans

A13b – Affleurement côté Est, sans fossé. Egalement banc métrique de calcaire. La zone de propagation de potentiel bloc s'étend jusqu'à la voie verte.

Scénario : 250 – 1 m³ tous les 10 ans



Illustration 82 – Photos de l'affleurement A13

A14

Affleurement au niveau de la voie verte au nord de l'affleurement précédent. Il s'agit de nouveau d'un affleurement « en escalier ». Le côté Est n'est pas ressorti en zone de départ, l'affleurement se suit sur environ 90 mètres et atteint une hauteur d'environ 6 mètres.

A14a – Affleurement côté Ouest, bancs métriques de calcaire avec surplombs. Propagation possible de blocs jusqu'à la voie verte.

Scénario : 250 – 1 m³ tous les 10 ans



Illustration 83 – Photos de l'affleurement A14 (1)



Illustration 84 – Photo de l’affleurement A14 (2)

A15

Affleurement en bord de l'Orne à l'extrême sud-est de la commune de Briey, avec une corniche « perchée » de deux mètres de hauteur environ et versant pentu en pied. Une partie seulement de cette affleurement a pu être approché (la partie a).

A15a – Escarpement discontinu puis talus raide avec de nombreux blocs en pieds d'affleurement (qu'on retrouve au-delà du chemin). Bloc de 70 L en pied de talus.



Illustration 85 – Photos de l'affleurement A15a

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A15b – Affleurement de type falaise (type de profil D à priori) de plusieurs mètres de haut observé à partir du chemin de la rive d'en face à la jumelle. Semble plus massif. Compte-tenu de la lithologie observée par ailleurs, et des observations qui ont pu être faites à la jumelle, il est possible que la partie supérieure de la falaise soit constituée de calcaires à polypiers. Or, ailleurs sur la commune, de tels affleurements étaient estimés capables de générer des blocs de plusieurs mètres cubes en raison de surplombs importants.

Scénario : par sécurité, même scénario que les affleurements type A44 à A48, à savoir 1-10 m³ tous les 100 ans.

A16

Affleurement discontinu au bord de la départementale 138 qui n'a pas pu être approché. La roche affleure en haut d'escarpement avec à son pied un versant pentu (type de profil C voire D). Propagation possible jusqu'à la moitié de la route.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 86 – Photo de l'affleurement A16

A17

Affleurement dont la hauteur d'escarpement diminue vers le sud. Il s'agit d'une corniche de 1 à 2 m de haut avec un versant pentu en pied (type C voire D).



Illustration 87 – Photo de l'affleurement A17

Il s'agit de calcaire avec fracturation ouverte, caché par la végétation. Présence de surplombs. Des blocs de moins de 50L ont été observés dans le fossé en pied de ce versant, il est possible qu'ils aient été déplacés pour dégager la départementale. En effet, propagation possible jusqu'à la moitié de la route.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A18

Affleurement non ressorti en zone de départ le long de la rue Gambetta à Briey. Bancs à débits décimétriques discontinus en hauteur avec talus en pied de versant (cachés par la végétation sur les photos). Il s'agit d'une zone d'aléa diffus de type affleurement en escalier. Zone de propagation possible jusqu'à la moitié de la route.



Illustration 88 – Photo de l'affleurement A18

Scénario : < 50 L tous les ans

A21

Affleurement le long de la voie verte du lac de Sangsue à Briey côté Ouest, consistant en des bancs calcaires métriques. Versant de type escalier. Deux familles de fracturation de direction N170° et N80°, fractures très ouvertes et présence de surplombs. Blocs n'atteignent pas le chemin.

Evènement recensé : éboulement avec un bloc de référence de 360 L.



Illustration 89 – Photos de l'affleurement A21

Scénario : 0,25-1 m³ tous les 10 ans

A22

Affleurement non ressorti en zone de départ au niveau de la voie verte. Versant « en escalier ». A22a côté Est et A22b côté Ouest.

A22a – Affleurement de 3-4 m de hauteur avec bancs de calcaires décimétriques.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 90 – Photos de l'affleurement A22a

A22b – Affleurement en face de A22a de 6-7 m de hauteur qui se suit sur 150 mètres avec fracturation ouverte perpendiculaire et surplomb. Bloc de référence de 72 L (photo) en pied de versant.

Plusieurs blocs de 20 à 100 L ont été identifiés dans le versant, ils semblent avoir basculé (probablement suite à une rupture de surplomb) et glissé dans le versant jusqu'à s'arrêter dans la pente. Un événement de type éboulement a également été identifié avec des blocs de 100 à 200 litres arrêtés dans la pente par la végétation.



A22c – Falaise de 7 mètres de hauteur, profil de type D, la propagation atteint deux hangars se trouvant sur le replat. Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 91 – Photos de l’affleurement A22c

A24

Affleurement le long de la route de Dolhain menant au chalet du lac. Versant raide avec un replat au milieu (type D). Lithologie marno-calcaire avec quelques bancs calcaires métriques, en partie supérieure notamment. Propagation probable des blocs sur la totalité de la route. Présence de nombreux blocs au pied du versant (peuvent avoir été déplacés) de moins de 50 L, en photo bloc de référence de 42 L.

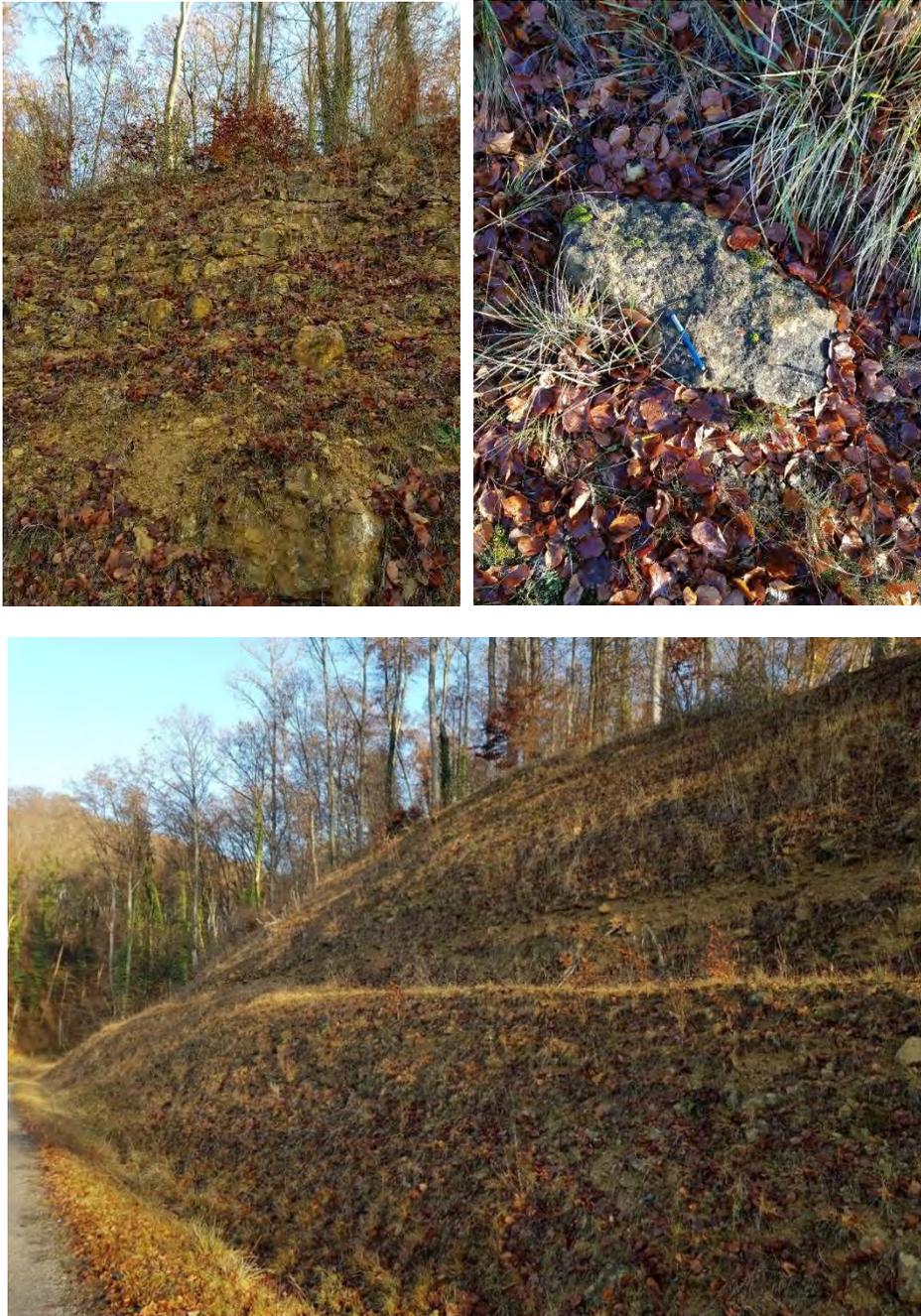


Illustration 92 – Photos de l’affleurement A24

Scénario : < 50 L tous les ans

A25

Affleurement en bord du lac de Sangsue, à proximité du chalet du lac. Eboulis en partie supérieure, pas de bancs calcaire défini → aléa départ diffus. Profil de type B, avec propagation des blocs jusqu'au chemin.



Illustration 93 – Photo de l'affleurement A25

Scénario : < 50 L tous les 10 ans

A26

Affleurement qui se suit sur près de 300 mètres sauf sur une petite partie. La hauteur de l'affleurement et la lithologie varient mais le scénario est identique sur tout le linéaire. Profil de type B voire D.





Illustration 94 – Photos de l’affleurement A26 (2)

A26a – Partie qui affleure au niveau du virage présentant un marno-calcaire blanc et noduleux, capable de générer des blocs de moins de 50 L.

A26b – Partie de type aléa diffus avec des bancs calcaires décimétriques, peu de visibilité à cause de la végétation. En pied de versant banc de calcaire métrique.

Ces deux zones ont été regroupée en une seule zone homogène car le scénario est le même. Les blocs peuvent se propager sur toute la largeur du chemin goudonné.

Entre novembre et janvier une chute de bloc de 10L a eu lieu au niveau de la portion A26a de l’affleurement, les blocs ont atterri sur le chemin.

Scénario : < 50 L tous les 10 ans

A27

Affleurement long de la rocade Alain Minoun avec des bancs calcaires décimétriques présentant une fracturation. Zone de départ diffus car bancs discontinus. Profil de type D avec une propagation possible des blocs jusqu'à la moitié de la route.

Plusieurs blocs de moins de 50 L ont été identifiés en pied de versant (peuvent avoir été déplacés).



Illustration 95 – Photo de l'affleurement A27

Scénario : < 50 L tous les ans

A29

Affleurement en bord de la départementale 643 avec bancs calcaires à bancs décimétriques, noduleux. Versant raide de type D. Présence d'un fossé en pied du versant qui doit absorber la plupart des chutes.

Scénario : < 50 L tous les ans



Illustration 96 – Photos de l'affleurement A29

A30

Affleurement situé en bord du PR longeant le ruisseau de la vallée à Mance. Atteint 2 m de hauteur, débit en plaquette du calcaire. Fracturation très présente et ouverte, en interbanes et selon les directions N80 et N160. Profil de versant de type D. Propagation maximale des blocs jusqu'à la moitié du chemin en pied de versant.



Illustration 97 – Photos de l'affleurement A30

Scénario : < 50 L tous les ans

A31

Escarpement en bord de ruisseau sans affleurement de bancs calcaires nets, front d'altération et/ou éboulis atteignant 2 m de hauteur. Zone d'aléa diffus, observé de loin. Versant de type D.

Scénario : < 50 L tous les ans



Illustration 98 – Photos de l'affleurement A31

A32

Zone d'aléa diffus sur le PR entre le ruisseau de la vallée au niveau du bois de Naptant. Roche affleurante de type calcaire noduleux à polypiers localement, le reste correspond à de l'éboulis. Versant de type D.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 99 – Photos de l'affleurement A32

A33

Affleurement situé en bord de la départementale D146 au niveau du Bois de Naptant. L'affleurement n'a pu être observé qu'en partie et ponctuellement à cause de la forte circulation et de la végétation très dense. Présence d'un filet pare-bloc. Il s'agit d'un versant « en escalier ». Propagation jusqu'à la première voie.

Scénario : 0,25-1 m³ tous les 10 ans



Illustration 100 – Photo de l'affleurement A33

A34

Affleurement situé au niveau de la rue de Metz à Mancieulles aperçu de loin, limitant une parcelle privée, en surplomb d'un jardin. Constitué de calcaires à bancs décimétriques, fracturés. Versant de type D.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A35

Affleurement situé au bord de la rue de Douaumont à Mancieulles. En partie sous-cavé par deux cavité dont l'accès a été bouché, l'escarpement est muré au niveau de ces cavités. Versant de type D constitué de calcaire à bancs décimétriques et un débit en plaquette en partie supérieure. Angle de propagation de 35°.

Nombreux blocs de moins de 50 L présents en pied de ce versant.

Scénario : < 50 L tous les ans



Illustration 101 – Photos de l'affleurement A35

A36

Affleurement vu de loin situé entre la D146d et la rue des Carrières à Mancieulles avec du calcaire massif à banc métriques, et en partie supérieure un débit décimétrique. Versant raide de type D.



Illustration 102 – Photo de l'affleurement A36

Scénario : 250 L – 1 m³ tous les 10 ans

A37

Affleurement situé au niveau d'une ancienne carrière, appelé station de Kunz sur la voie verte. Il s'agit d'un calcaire bioclastique à bancs métriques avec une fracturation ayant une direction N40 et N140. Présence de surplombs. Présence de blocs en pieds de versant de 23 et 27 L. Versant de type D ou C (marche en pied).



Illustration 103 – Photos de l'affleurement A37

Scénario : < 50 L tous les 10 ans

A38

Affleurement atteignant à peine 2 m dans les sous-bois à proximité de la voie verte de Mancieulles. Calcaire massif avec des bancs métriques fracturé selon les directions N60 et N160. Présence de nombreux blocs en pieds de versants de moins de 250 L. Versant de type D. Angle de propagation des blocs d'environ 40°.



Illustration 104 – Photo de l’affleurement A38

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A39

Affleurement dans une zone d'effondrement dans la forêt au niveau du « Bois Coulu » à Mance. Calcaire très fracturé à bancs décimétriques. L'affleurement est une corniche « perchée » avec un versant faiblement pentu en pied (~ 25-30°), versant de type A, constitué de nombreux blocs de moins de 50 L principalement. Angle de propagation faible, environ 30°.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans.



Illustration 105 – Photos de l'affleurement A39

A40

Affleurement dans la même zone d'effondrement que l'affleurement A39. Calcaire à bancs métriques avec fracturation ouverte de direction N40°. Versant de type D voire A, corniche avec éboulis en pieds selon un pente d'environ 20°.

Scénario : 250 L-1 m³ tous les 10 ans



Illustration 106 – Photos de l'affleurement A40

A41

Affleurement au bord du ruisseau de la vallée au nord de Mance. Pas de bancs calcaires définis, affleurement très déstructuré, zone d'aléa diffus. Versant de type B. Présence de nombreux blocs de moins de 50 L en pied de versant. Propagation possible sur le chemin.



Illustration 107 – Photos de l'affleurement A41

Scénario : < 50 L tous les ans

A42

Affleurement en bord de la départementale D138 proche du croisement vers Froidcul. Présence d'un fossé au pied de l'escarpement avec un léger talus. Fracturation d'orientation N70°, très ouverte délimitant des blocs de petits volumes. Propagation possible jusqu'à la moitié de la première voie. Versant de type B.



Illustration 108 – Photos de l'affleurement A42

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A43

Affleurement dans la continuité de l'affleurement A42 en bord de la D138. Présence d'un fossé en pied d'affleurement. Constitué de calcaire en bancs décimétriques, avec une famille de fracturation de direction N60°. Versant de type B. Propagation des blocs possibles jusqu'à la moitié de la première voie.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans



Illustration 109 – Photos de l'affleurement A43

A44

Affleurement en bordure de chemin dans la forêt vers le Fond de la Noue à Briey. Surplomb dans calcaire noduleux et présence de deux familles de fracturation de direction N70 et N180°. Versant de type D. Présence d'un bloc de référence de 4 m³ au pied de l'escarpement.



Illustration 110 – Photos de l'affleurement A44

Scénario : 1-10 m³ tous les 100 ans

A45

Affleurement en bord du chemin du Fond de la Noue. Calcaire noduleux qui se délite en pierre de petit volume et présence d'un imposant surplomb sans fracturation particulière.

A45a – Partie de l'affleurement de 3 m de hauteur sans talus en pied avec un surplomb sur près d'un mètre. Versant de type D avec faible propagation des blocs (angle 40°).

Scénario : 1-10 m³ tous les 100 ans



Illustration 111 – Photo de l'affleurement A45a

A45b – Partie de l’affleurement, discontinue avec la précédente, corniche de 1 m de haut perchée au-dessus d’un versant faiblement pentu (type A). Angle de propagation faible d’environ 30°.



Illustration 112 – Photo de l’affleurement A45b

Scénario : < 50 L tous les 10 ans

A46

Affleurement dans virage le long du chemin du Fond de la Noue. Différent type de versant sur cet affleurement, globalement de type A et par endroit de type D. Surplomb sur plusieurs mètres sur une portion de l'affleurement. Présence d'humidité et d'eau qui ruisselle au niveau de l'affleurement. Présence de deux blocs de 350 et 160 L. Angle de propagation faible sur les portions de type A (environ 30°) et fort sur les portions de type D (environ 40°).



Illustration 113 – Photos de l'affleurement A46

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A47

Petit affleurement perché de 2 mètre de hauteur avec 4 mètres de hauteur de talus/éboulis (6 m de hauteur en tout ; type A). Pas d'orientation de fracturation préférentielle. Présence de nombreux blocs de 50 L dans la pente. Faible angle de propagation des blocs (environ 30°).



Illustration 114 – Photos de l'affleurement A47

Scénario : < 50L tous les ans

A48

Affleurement en bord de chemin du Fond de la Noue de 2-3 m de hauteur avec une fracturation pénétrante de direction N180. Présence de nombreux blocs de moins de 50 L et un bloc de 96 L en pied de versant. Versant de type D, angle de propagation fort (40°).



Illustration 115 – Photos de l'affleurement A48

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A49

Affleurement dans ancienne carrière ou zone effondrement à proximité de la D138. Cet affleurement n'a pu être observé que du dessus. Calcaire très fracturé formant de petits blocs de moins de 50 L. Versant de type D avec fort angle de propagation.



Illustration 116 – Photos de l'affleurement A49

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A50

Affleurement à flanc de versant d'une longueur d'environ 800 mètres. Seulement une petite partie a pu être observée sur 100 mètres à l'extrémité NE. Affleurement constitué de marno-calcaire sur un versant raide (type D) de 2-3 mètres de hauteur. Propagation des blocs ne dépasse pas le replat en pied du versant.



Illustration 117 – Photos de l'affleurement A50

A priori le scénario serait un volume de blocs de moins de 50 L mais étant donné qu'une portion seulement de l'affleurement a pu être décrite, on appliquera un volume de moins de 250 L par sécurité.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A51

Zone de départ vu de loin au niveau d'une parcelle privée au nord de la commune de Mance, aucun affleurement de roche n'a pu être distingué à cause de la végétation.

Par mesure de sécurité, le scénario retenu est le plus élevé observé à proximité dans un contexte similaire soit celui de l'affleurement A40.

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A52

Affleurement au niveau du virage sud de la D138, vu de loin. Il s'agit de calcaire à banc décimétrique. Propagation des blocs possible jusqu'à la moitié de la première voie.



Illustration 118 – Photo de l'affleurement A52

Le scénario retenu est le plus pessimiste observé à proximité dans un contexte similaire.

Scénario : < 250 L tous les 10 ans

A53

Affleurement observé de loin en bord de D138, il s'agit de bancs calcaires décimétriques très fracturés, avec propagation des blocs possible jusqu'à la première voie de circulation.

Scénario : < 50 L tous les ans

A54

Affleurement au niveau du moulin de la Caulre, sur calcaire à bancs métriques.

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A55

Affleurement situé à la limite Sud-Ouest de la commune de Briey qui consiste en un calcaire à bancs décimétriques à métriques en partie inférieure en contact avec le faciès de calcaire à polypiers qui se trouve en partie supérieure. Présence de surplombs. Versant avec corniche en partie supérieure et versant penté en pied, constitué d'éboulis. Des blocs de 140 L ont été identifiés dans la pente.

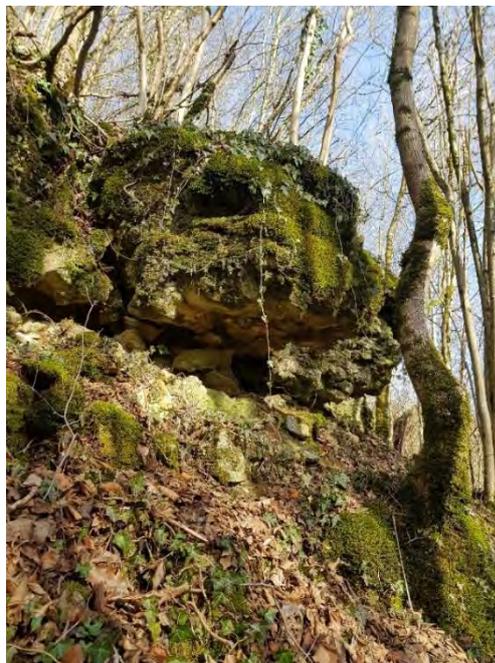


Illustration 119 – Photos de l'affleurement A55

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A56

Affleurement de calcaires à bancs métriques dont la totalité n'a pas pu être observé, au niveau de l'ancienne mine du fond de la Noue. Falaise de type D avec propagation des blocs maximale au niveau de la route.



Illustration 120 – Photo de l'affleurement A56

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A57

Corniche d'1 mètre de hauteur avec versant faiblement pentu en pied, constitué d'éboulis (type A) et situé au niveau de la vallée du fond de la Noue. La propagation des blocs est limitée par la topographie latéralement.

Les blocs présents en pied de versant ont tous un volume inférieur à 50 L.

Scénario : < 50 L tous les ans



Illustration 121 – Photo de l'affleurement A57

A58

Affleurement en bord de la D952a avec filet pare-blocs. Versant de type en escalier constitué de bancs métriques de calcaires fracturés.

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 10 ans

A59

Affleurement de 7 m de hauteur derrière des propriétés. Profil de type D. Présence de colonnes et de blocs en surplomb.

Scénario : 0,25 – 1 m³ tous les 100 ans

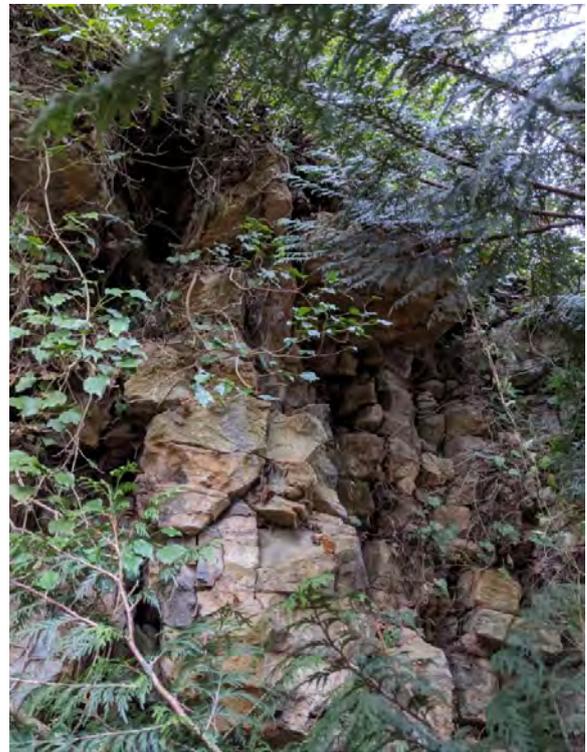


Illustration 122 – Photos des colonnes sur l'affleurement A59

A60

Versant présentant de petits affleurement rocheux diffus observés depuis le versant opposé.
Versant haut de mètres.

Scénario : < à 250 L tous les 10 ans



Illustration 123 – Photos des affleurements rocheux du point A60

Annexe 4 : Cartographie des enveloppes de propagation

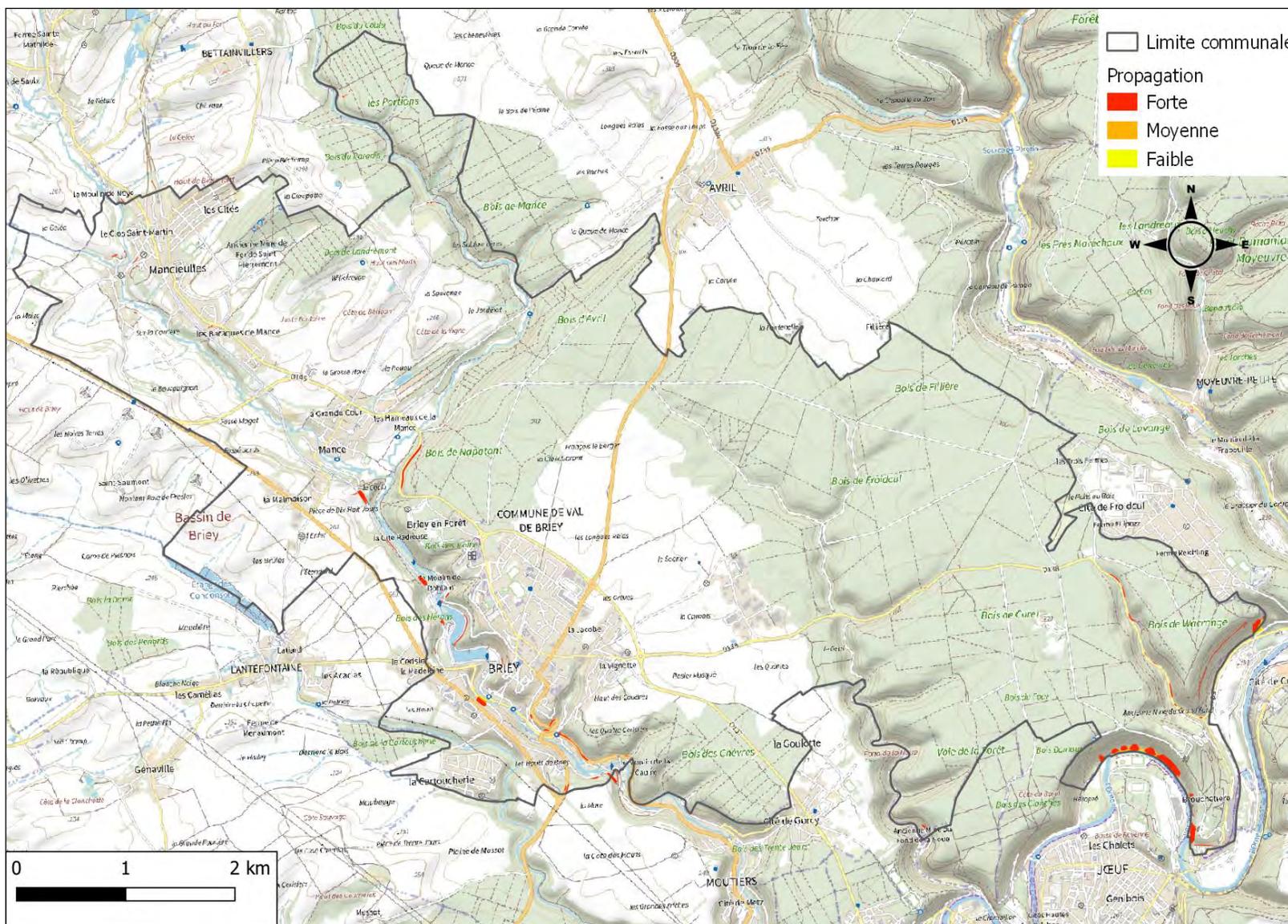
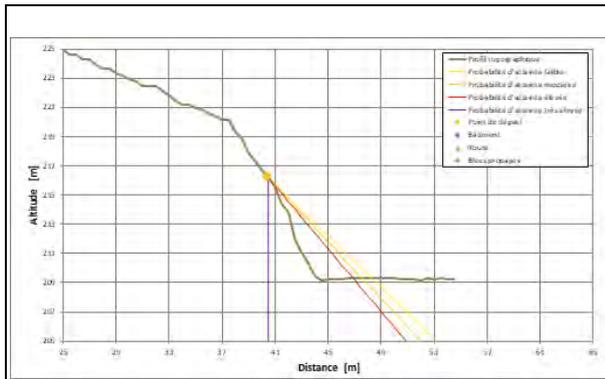


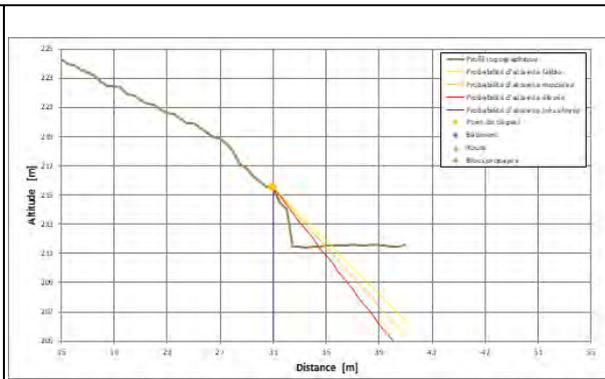
Illustration 124 – Cartographie de la propagation sur la commune du Val de Brie (1/30 000, fond plan IGN)

Annexe 5 : Localisation et présentation des principaux profils topographiques réexpertisés grâce à l'outil Bloc

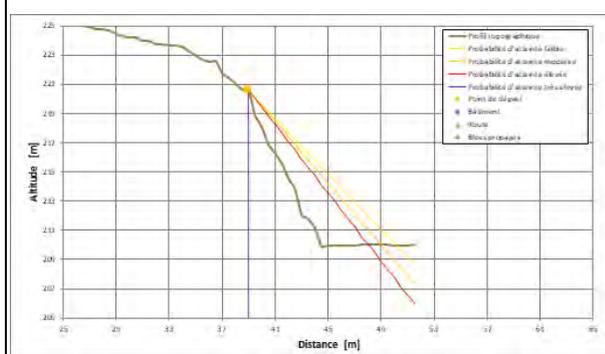
Zones de propagation de type 1 :



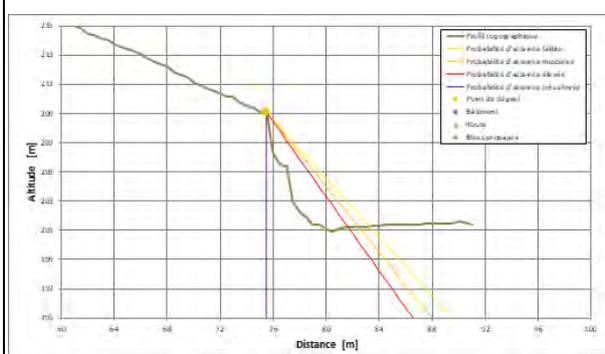
1 - Profil A01c. Versant de type 1 (D).



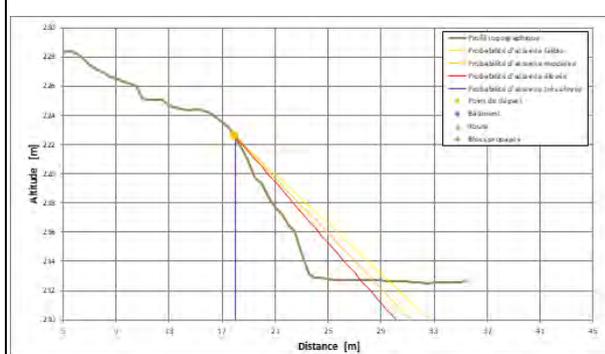
2 - Profil A01de. Versant de type 1 (D).



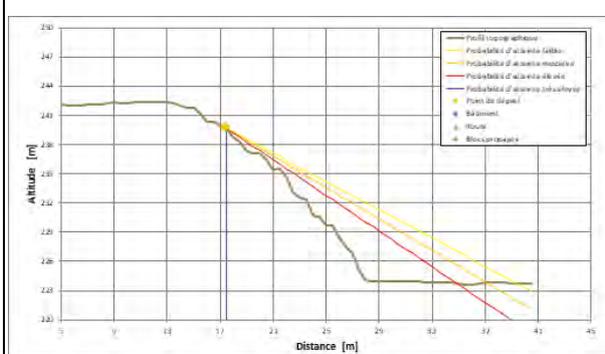
3 - Profil A01f. Versant de type 1 (D).



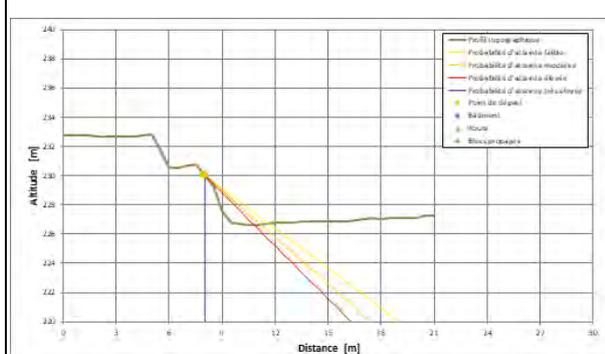
4 - Profil A02a. Versant de type 1 (D).



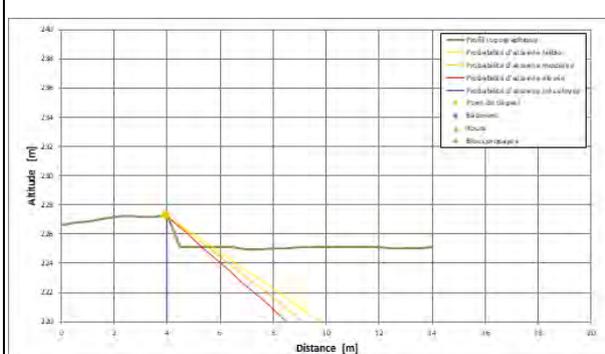
5 - Profil A03. Versant de type 1 (D).



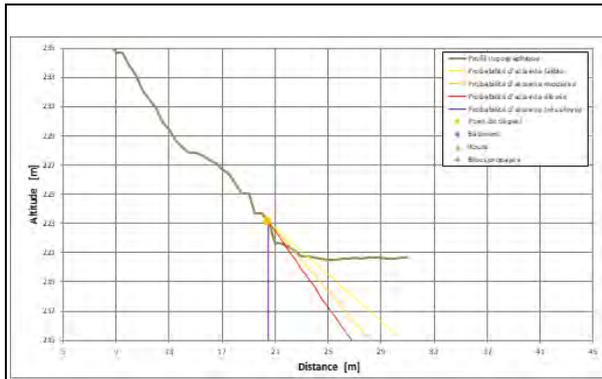
6 - Profil A04a. Versant de type 1 (D).



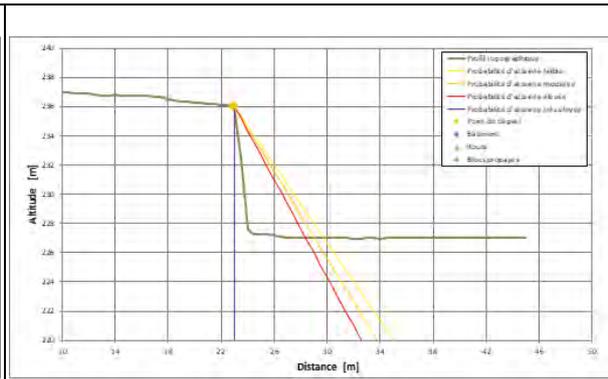
7 - Profil A04b. Versant de type 1 (D).



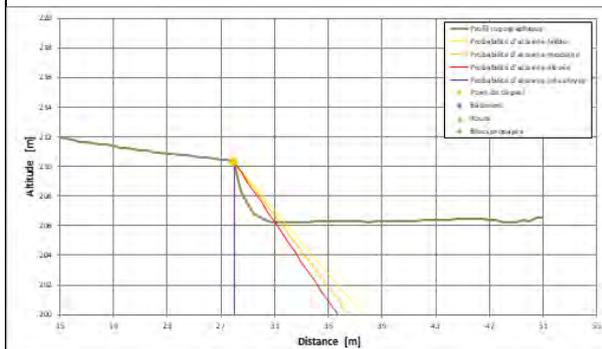
8 - Profil A05. Versant de type 1 (D).



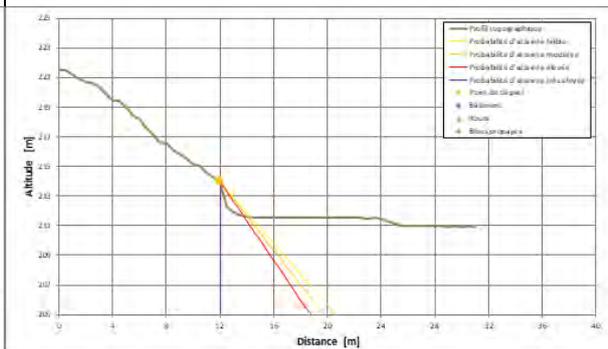
9 - Profil A06a. Versant de type 1 (D).



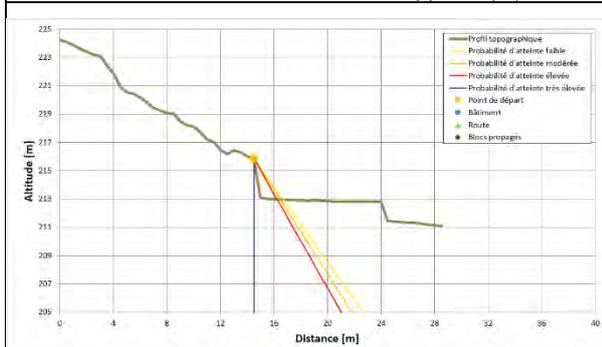
10 - Profil A07. Versant de type 1 (D).



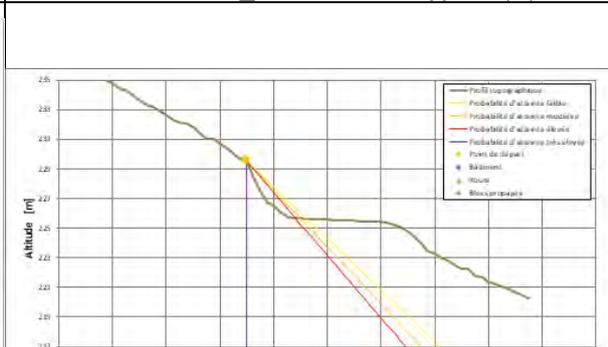
11 - Profil A08. Versant de type 1 (D).



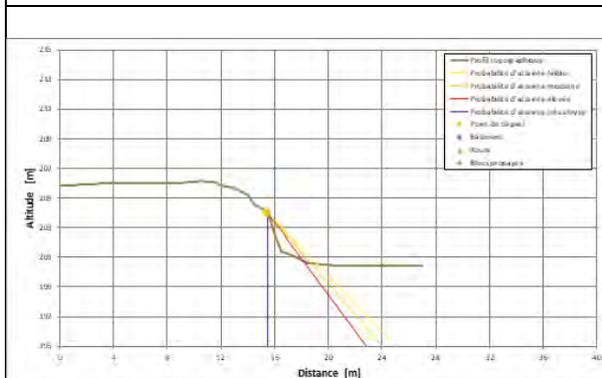
12 - Profil A12_1. Versant de type 1 (D).



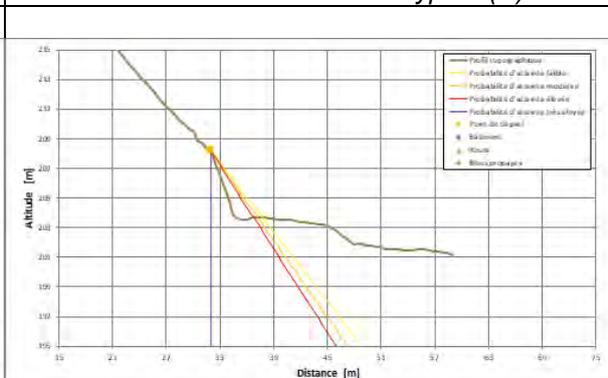
13 - Profil A12_2. Versant de type 1 (D).



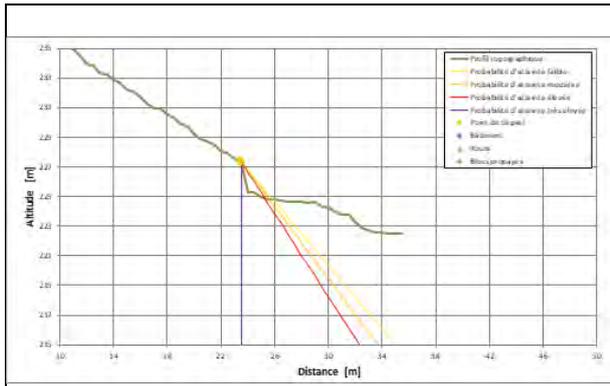
14 - Profil A27. Versant de type 1 (D).



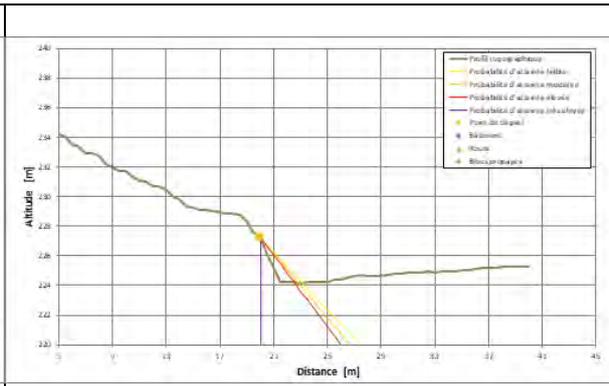
15 - Profil A28. Versant de type 1 (D).



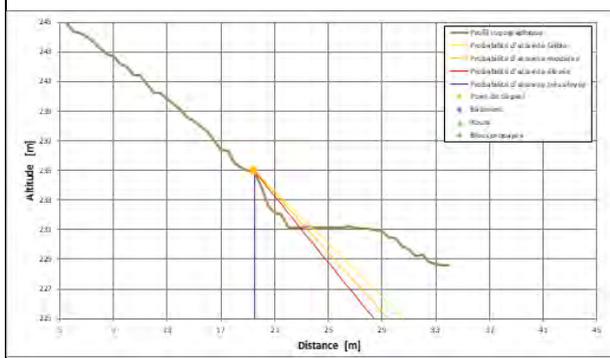
16 - Profil A29. Versant de type 1 (D).



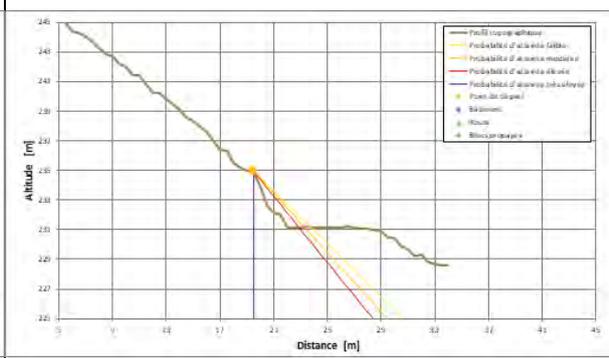
17 - Profil A30. Versant de type 1 (D).



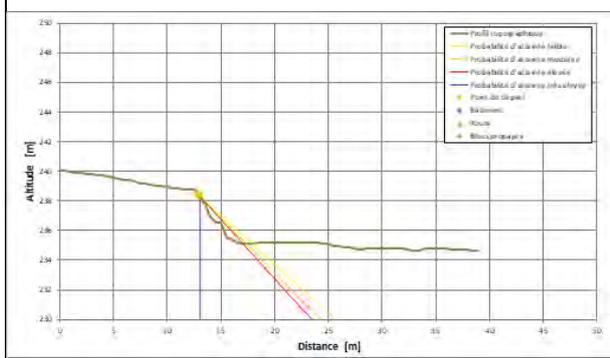
18 - Profil A31. Versant de type 1 (D).



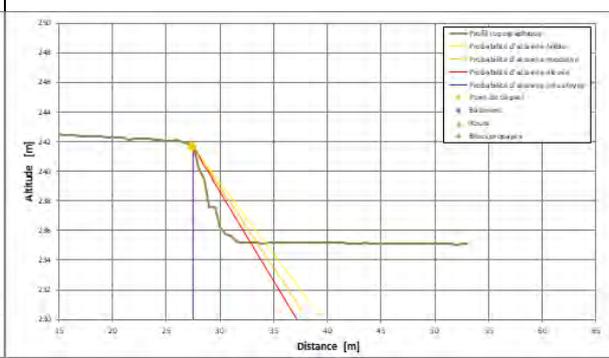
19 - Profil A32. Versant de type 1 (D).



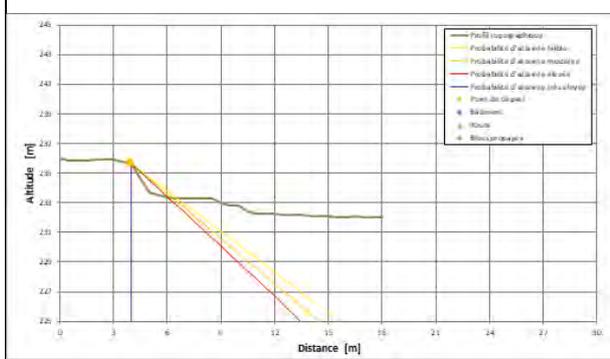
20 - Profil A34. Versant de type 1 (D).



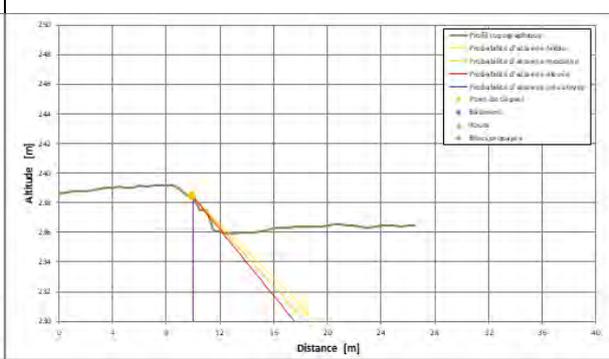
21 - Profil A35. Versant de type 1 (D).



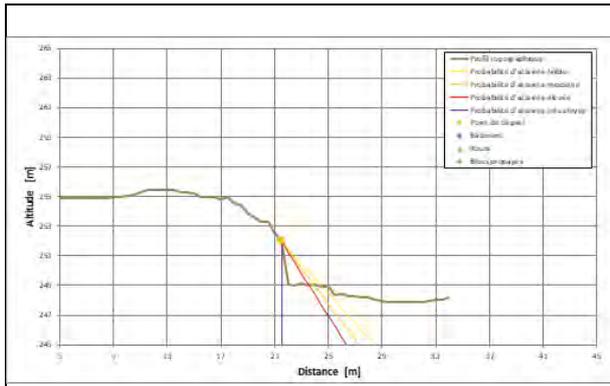
22 - Profil A36. Versant de type 1 (D).



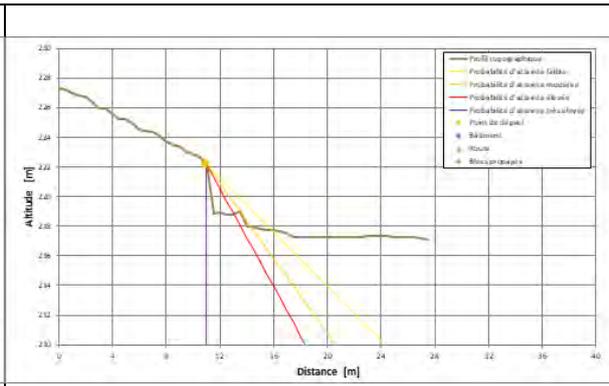
23 - Profil A37. Versant de type 1 (D).



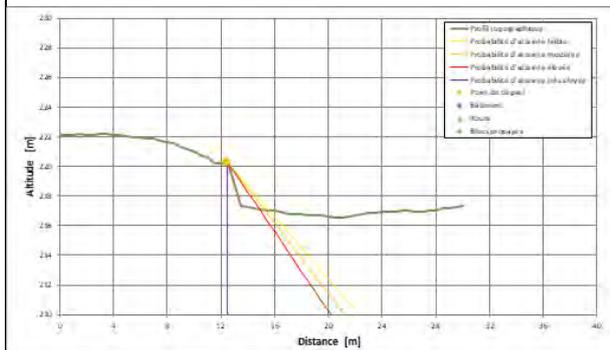
24 - Profil A38. Versant de type 1 (D).



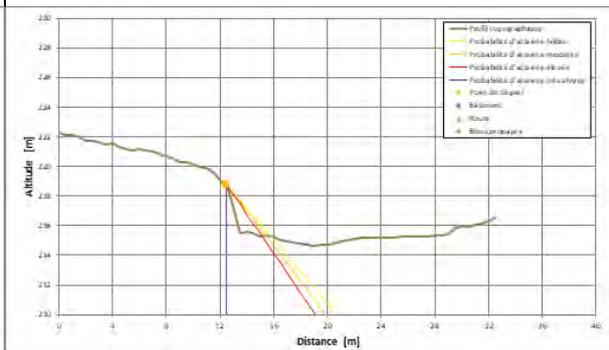
25 - Profil A40. Versant de type 1 (D).



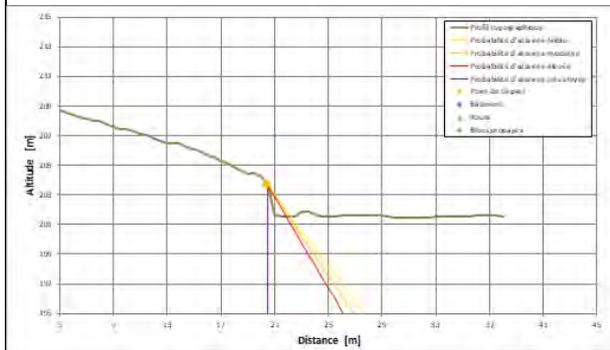
26 - Profil A44. Versant de type 1 (D).



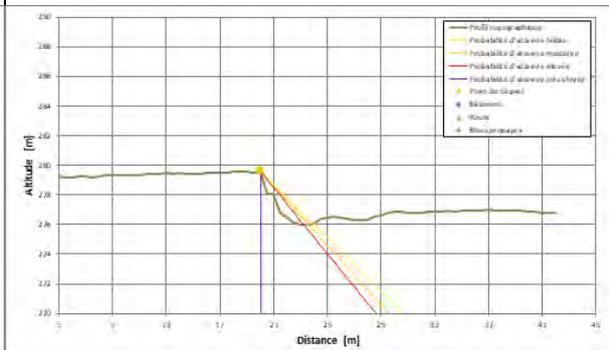
27 - Profil A45. Versant de type 1 (D).



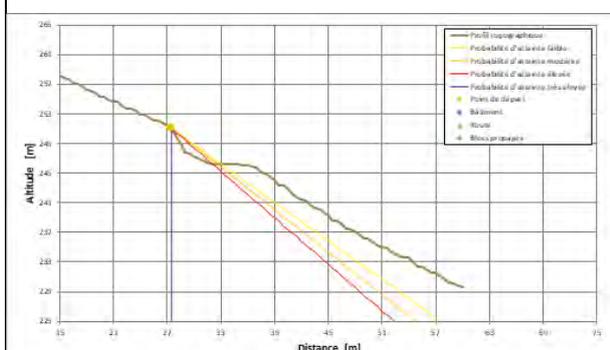
28 - Profil A46. Versant de type 1 (D).



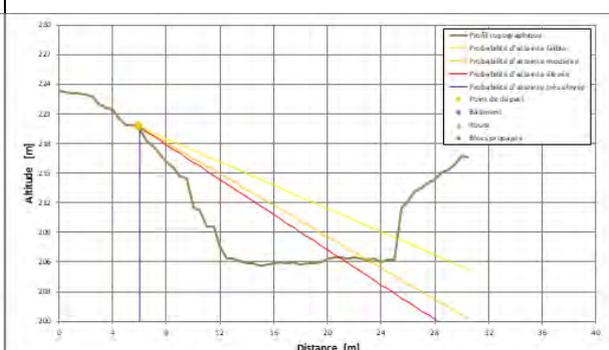
29 - Profil A48. Versant de type 1 (D).



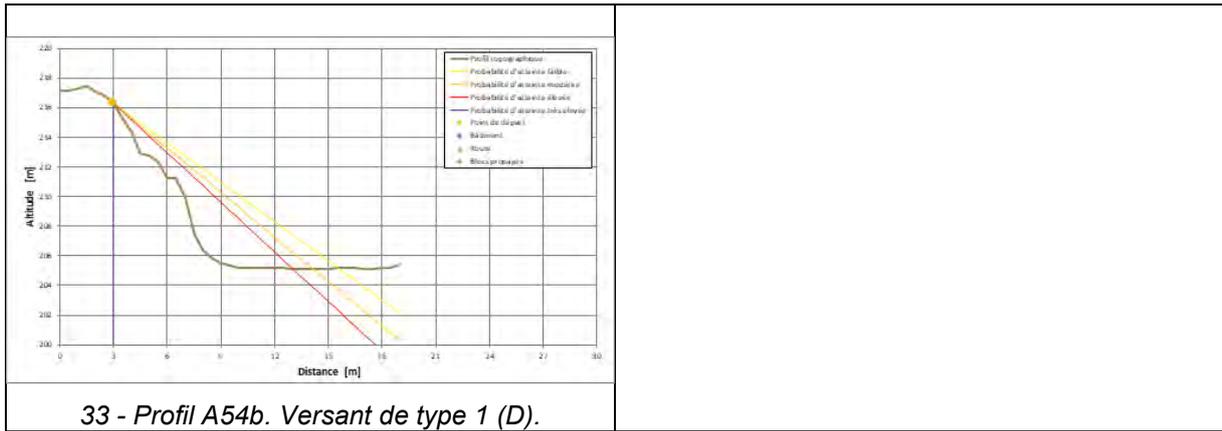
30 - Profil A49. Versant de type 1 (D).



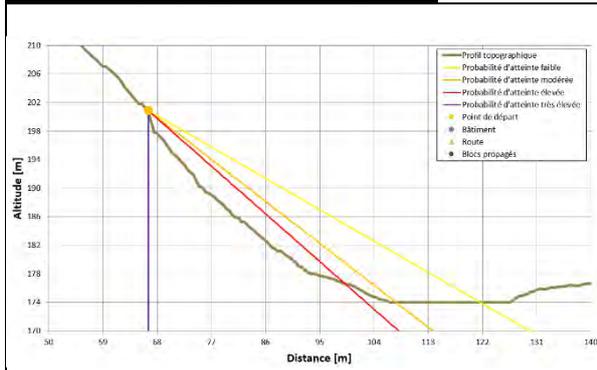
31 - Profil A50. Versant de type 1 (D).



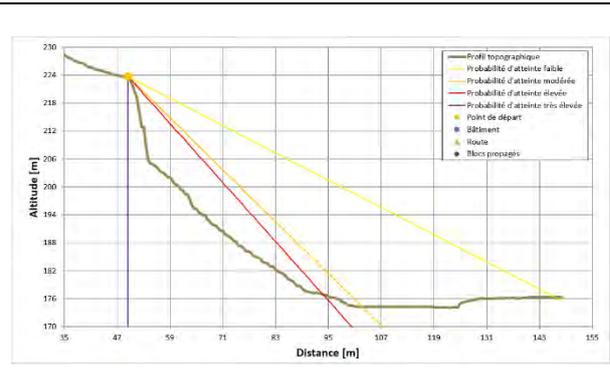
32 - Profil A54a. Versant de type 1 (D).



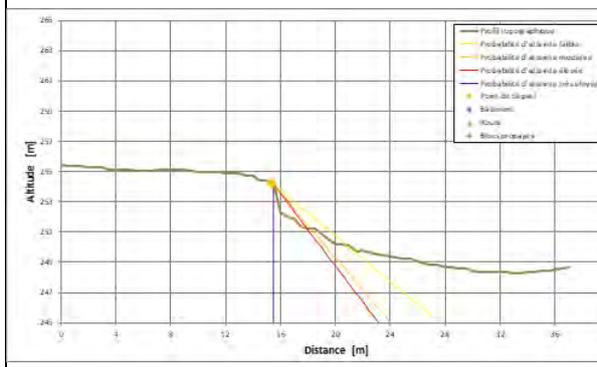
Profils de propagation de type 2 :



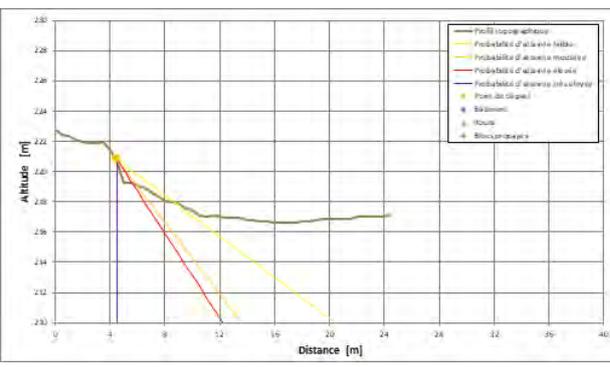
34 – Profil A15a. Versant de type 2 (A).



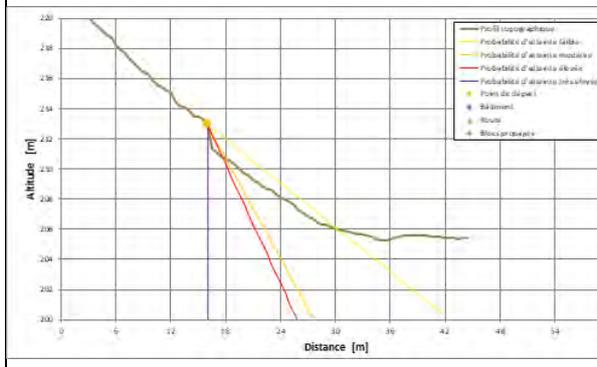
35 - Profil A15b. Versant de type 2 (A).



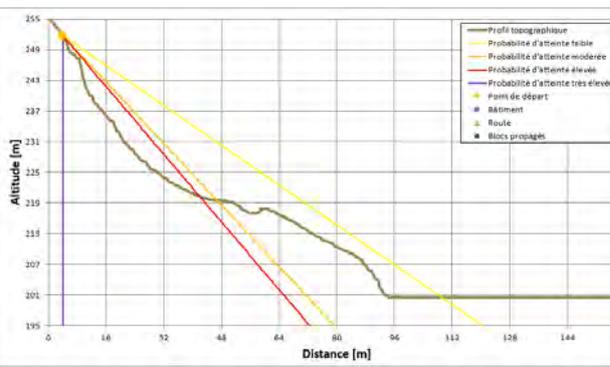
36 - Profil A39. Versant de type 2 (A).



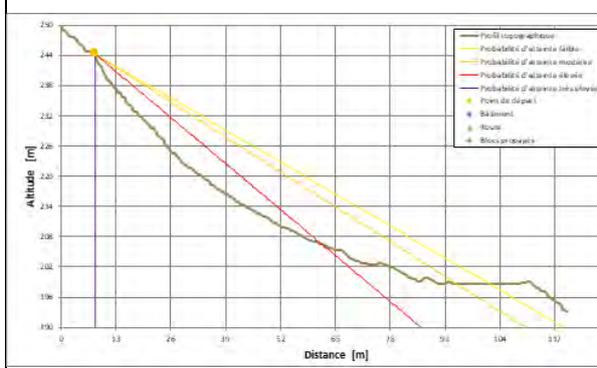
37 - Profil A45b. Versant de type 2 (A).



38 - Profil A47. Versant de type 2 (A).

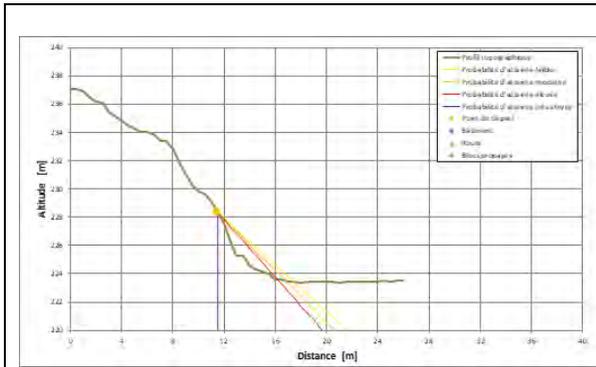


39 - Profil A55. Versant de type 2 (A).

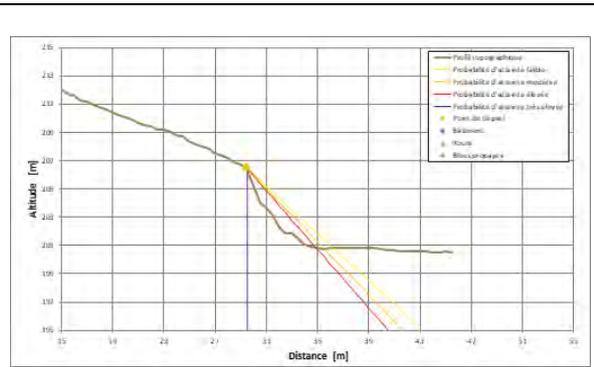


40 - Profil A55_2. Versant de type 2 (A).

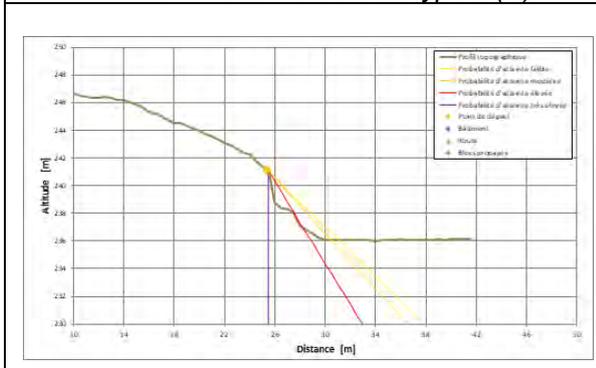
Zones de propagation de type 3 :



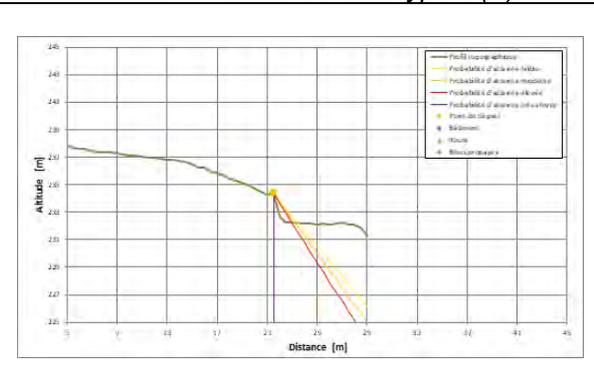
41 - Profil A06b. Versant de type 3 (C).



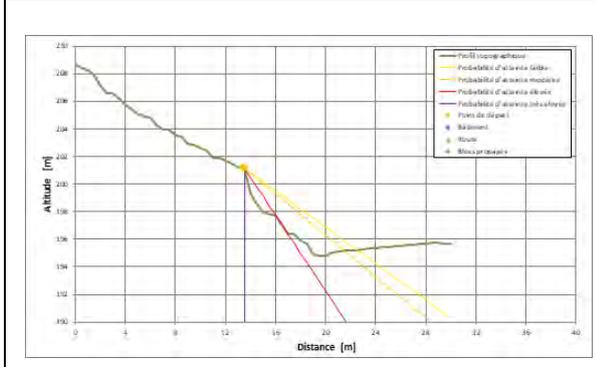
42 - Profil A09. Versant de type 3 (B).



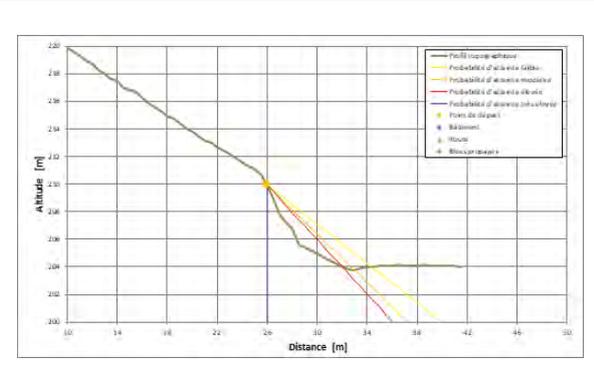
43 - Profil A10. Versant de type 3 (C/D).



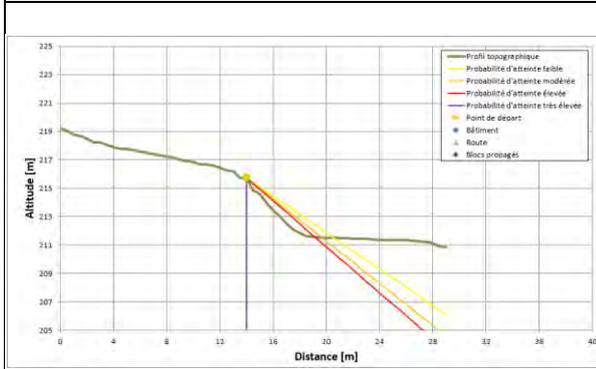
44 - Profil A11. Versant de type 3 (B/D).



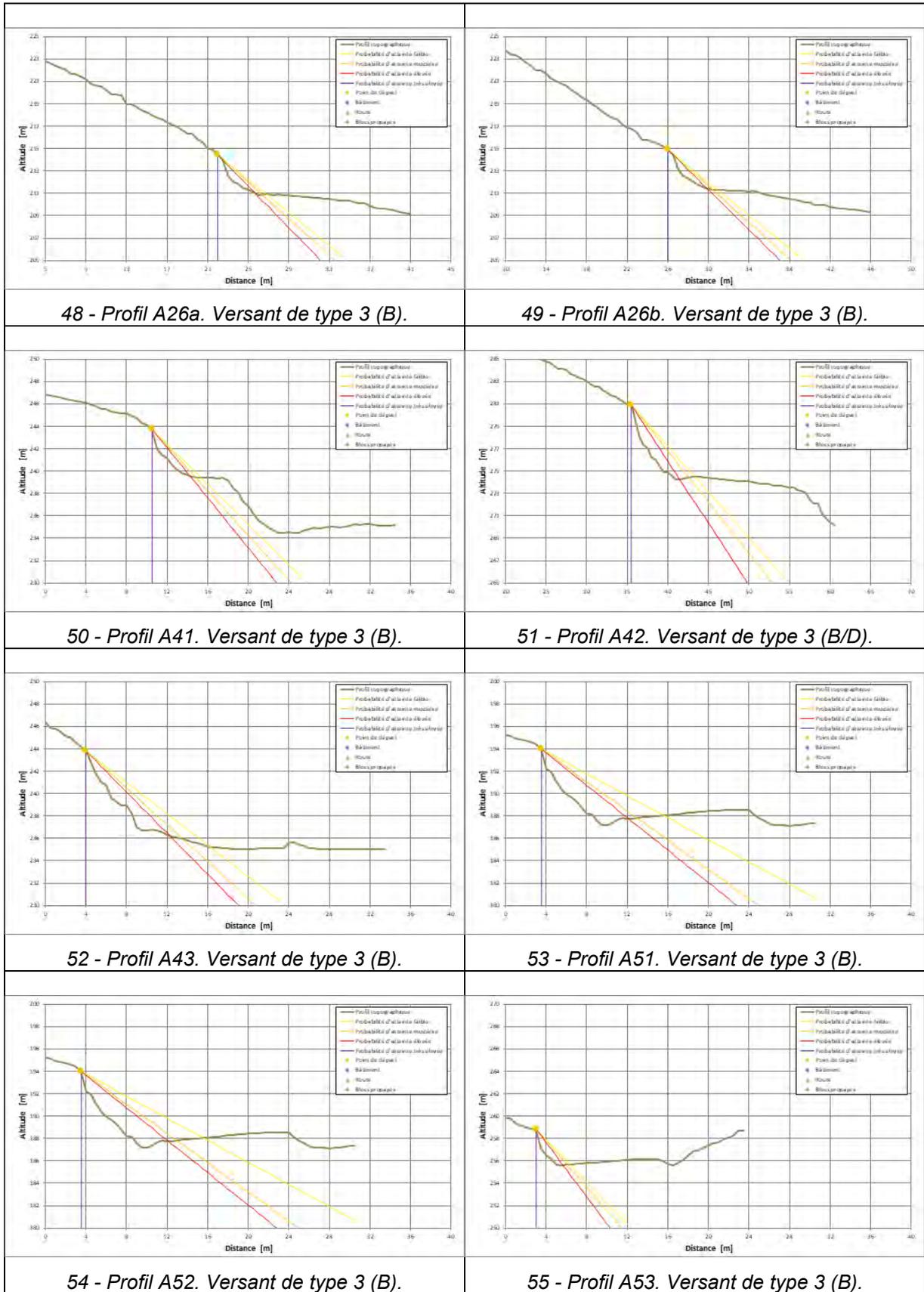
45 - Profil A16. Versant de type 3 (C).

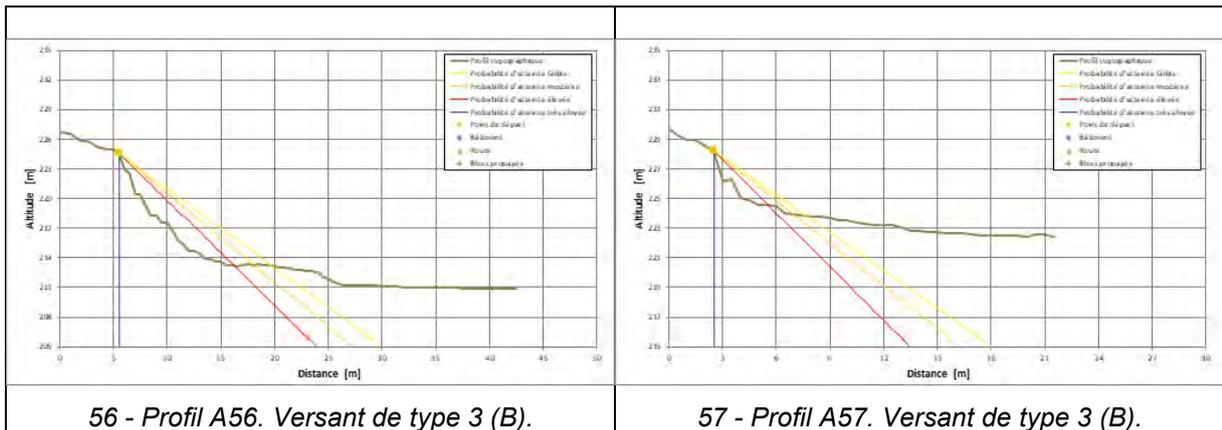


46 - Profil A17a. Versant de type 3 (B).

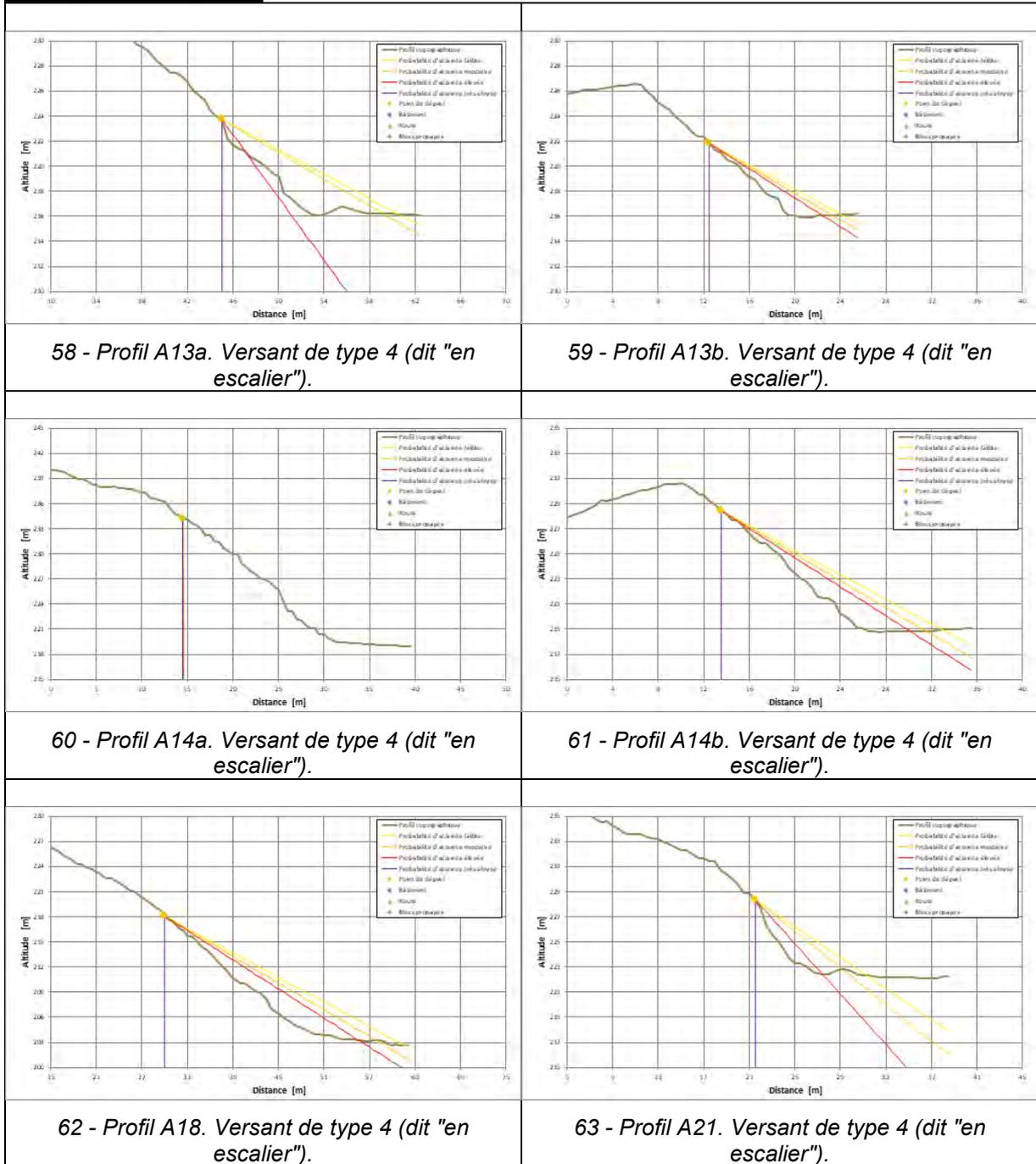


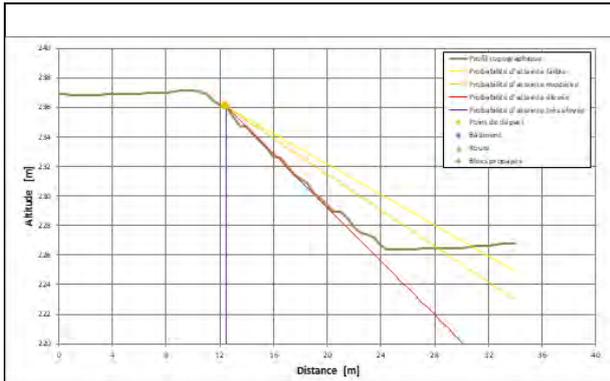
47 - Profil A25. Versant de type 3 (B).



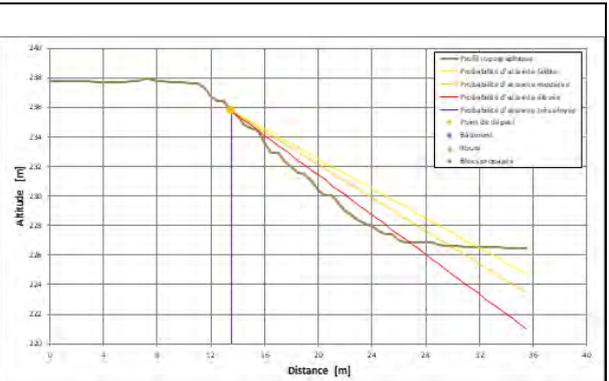


Propagation de type 4 :

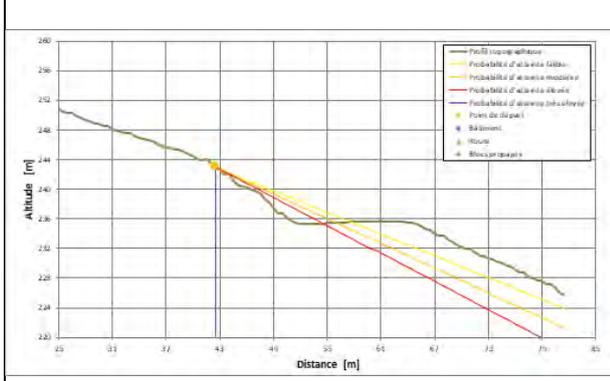




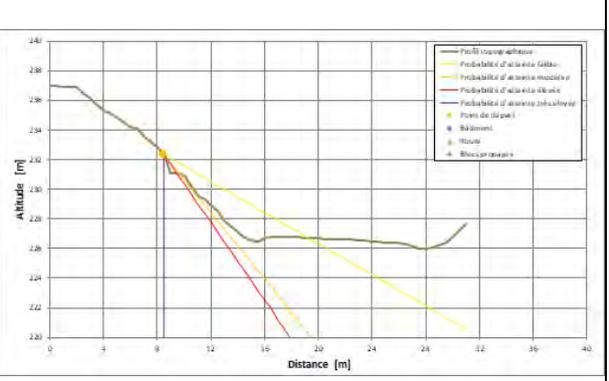
64 - Profil A22a. Versant de type 4 (dit "en escalier").



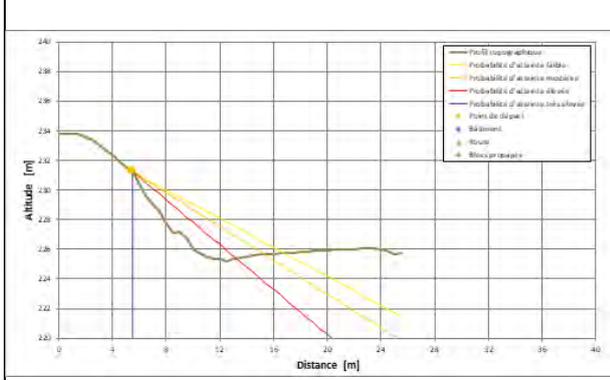
65 - Profil A22b. Versant de type 4 (dit "en escalier").



66 - Profil A33. Versant de type 4 (dit "en escalier").



67 - Profil A58a. Versant de type 4 (dit "en escalier").



68 - Profil A58b. Versant de type 4 (dit "en escalier").

Annexe 6 : Méthodologie pour le zonage de l'aléa de recul de la tête de falaise

1. Contexte

La parution du guide MEZAP va permettre d'homogénéiser les pratiques pour la cartographie de l'aléa « chutes de blocs » pour la réalisation de PPR MVT et PAC. Ce guide, cependant, ne traite que de l'évaluation de l'aléa engendré par la propagation des chutes de blocs et éboulements vers l'aval de la zone de départ.

A l'heure actuelle, il n'existe pas de guide spécifique pour la cartographie de l'aléa de recul des têtes d'escarpements, à l'exception :

- du guide pour les versants sous-cavés, c'est-à-dire pour une configuration particulière d'escarpement ;
- du guide pour l'établissement des PPR littoraux en ce qui concerne l'évaluation du recul du trait de côte pour les falaises côtières. Cette évaluation est réalisée à partir de deux approches complémentaires : i) exploitation des événements passés et ii) extrapolation du recul historique en pied qui permettent de quantifier le recul pour des tronçons de côte homogène.

L'objectif de ce document sur l'aléa de recul propose les principes d'une **méthode globale de qualification / quantification de l'aléa de recul** afin de permettre d'homogénéiser les pratiques pour la cartographie de cet aléa quel que soit le contexte. Ce document fait état de l'avancement provisoire des travaux sur l'aléa de recul et la méthodologie proposée sera susceptible d'évoluer dans un futur proche.

2. Vocabulaire et définitions

En l'absence de références bibliographiques sur le sujet, nous proposons les définitions suivantes pour les termes permettant de décrire et de caractériser l'aléa de recul en chute de bloc :

Escarpement : zone de départ de chutes de bloc et d'éboulements rocheux.

Tête d'escarpement : la limite amont d'une zone de départ en chute de bloc / éboulement.

Recul : la distance à laquelle la tête d'escarpement remonte vers l'amont avec l'occurrence d'un ou plusieurs éboulements ou écroulements. Elle se mesure à l'horizontale dans la direction perpendiculaire à l'escarpement. Le recul lié à un événement unique est le **recul unitaire** (illustration 126). Le recul lié à plusieurs événements successifs est le **recul cumulé ou total** (illustration 127). La cinématique à l'origine d'un recul unitaire est considérée comme brutale.

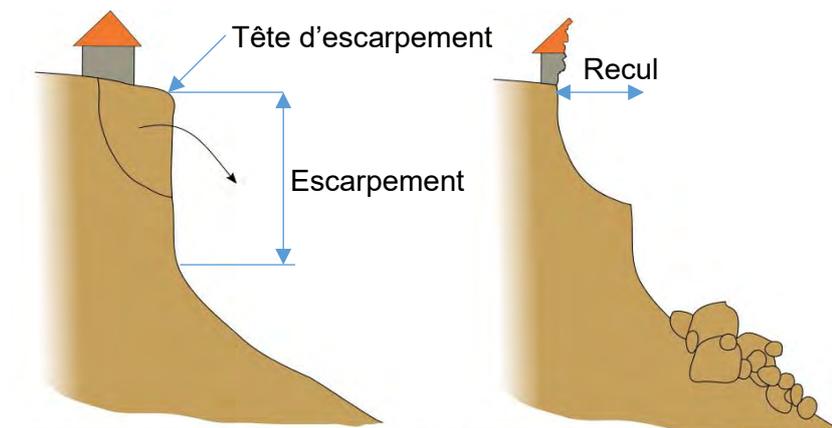


Illustration 126 - Représentation schématique d'un éboulement à l'origine d'un recul de la tête d'escarpement

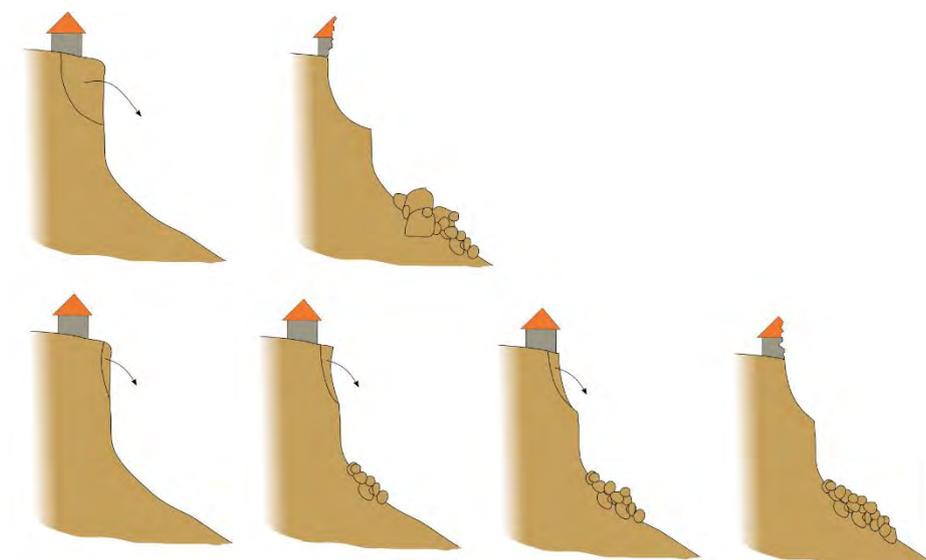


Illustration 127 - Représentation schématique du recul de la tête d'escarpement lié à un ou plusieurs éboulements, soit, respectivement, l'observation du recul unitaire ou cumulé de la tête d'escarpement

3. Premières propositions méthodologiques

3.1. Les scénarios de recul

Selon le guide PPRn « Risques de mouvement de terrain », afin de prévoir au mieux le phénomène qui pourrait se produire et dont il faut protéger les populations et les biens concernés, il convient de déterminer l'**aléa de référence** dans un secteur homogène donné.

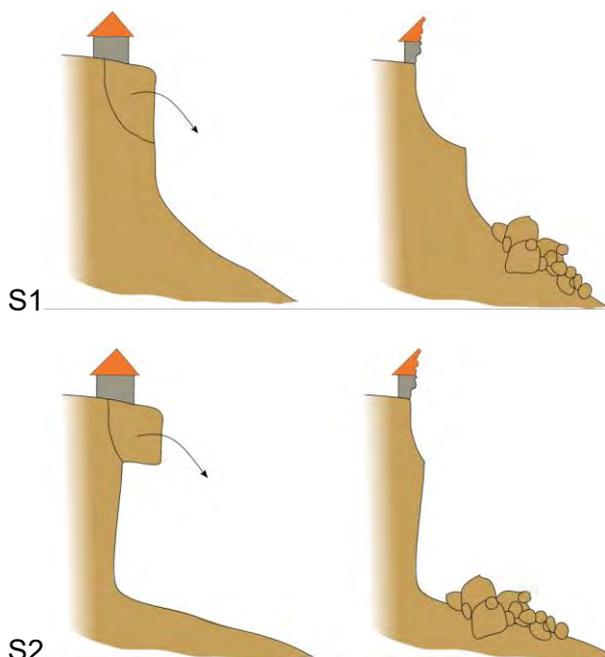
L'aléa de référence est défini comme le phénomène naturel servant de référence pour définir la réglementation du PPRn. Pour la cartographie de l'aléa de recul il s'agit du phénomène d'occurrence et d'intensité données susceptible de se « propager » (i.e. de régresser) vers les enjeux, sur la période de référence. La période de référence se définit comme la période pour laquelle sont caractérisés les aléas. Une période de référence de X ans signifie que la probabilité d'atteinte des enjeux par les instabilités est évaluée pour les X prochaines années. Pour la cartographie de l'aléa de recul dans le cadre de la présente note, la période de référence est le siècle.

Il est retenu d'approcher l'aléa de référence au travers de scénarios dits « de référence ». Un scénario de référence correspond au phénomène ou à l'évènement retenu pour qualifier l'aléa de référence d'un PPRn. Plusieurs scénarios de référence peuvent être proposés pour construire l'aléa de référence qui est déterminé pour chaque grande zone de départ jugée homogène. Plusieurs scénarios de référence peuvent être proposés pour construire l'aléa de référence.

De même que la MEZAP propose différents scénarios pour la prise en compte des conditions de propagation, ici nous proposons différentes configurations topographiques à l'origine de mécanismes différents pour le recul de la tête d'escarpement (illustration 128):

- S1 : Les escarpements avec un profil sub-vertical ;
- S2 : Les escarpements avec un profil présentant du surplomb ;
- S3 : Les escarpements avec un profil de versant réglé ;
- S4 : Les escarpements sous-cavés.
- S5 : Les escarpements avec 2 formations rocheuses n'engendrant pas les mêmes scénarios de recul ;
- S6 : Les escarpements avec une formation meuble en amont ou en aval.

Des scénarios plus complexes pourront éventuellement être proposés, comme la génération possible sur d'un surplomb significatif dans la période considérée (ex : 100 ans) pour un escarpement sub-vertical, induisant un changement de scénario de recul.



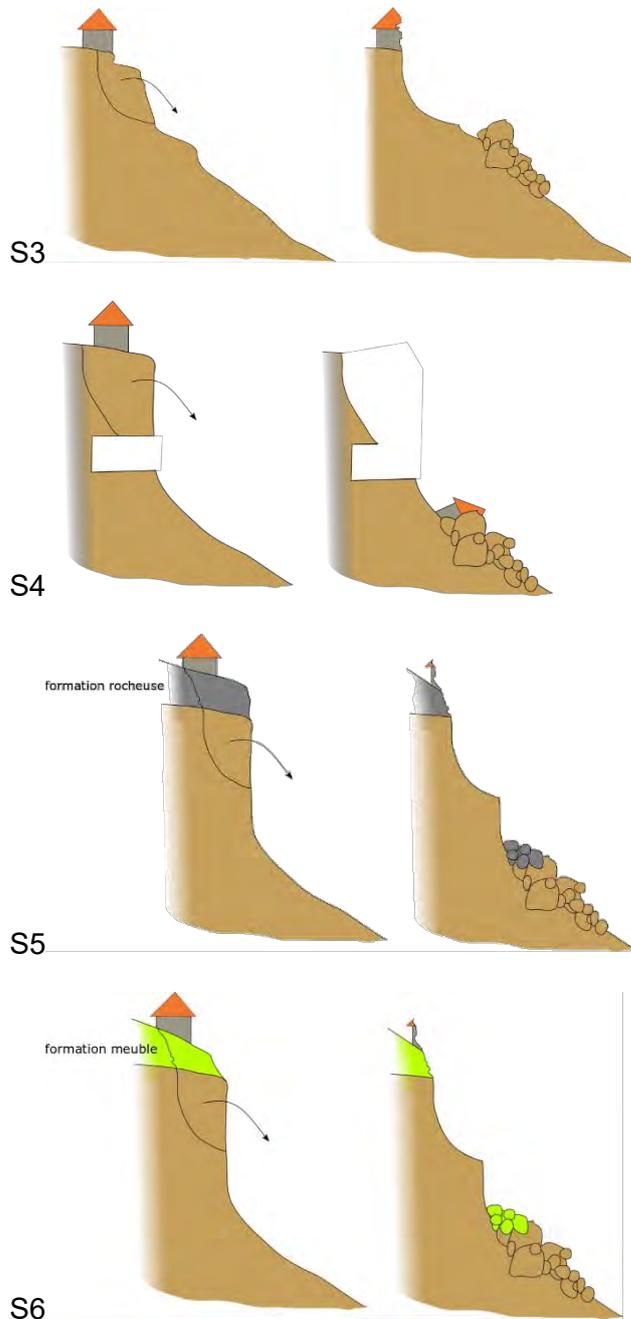


Illustration 128 - Représentation schématique des différentes configurations topographiques à l'origine de mécanismes différents pour le recul de la tête d'escarpement. Du haut vers le bas et de gauche à droite : S1 escarpement avec un profil sub-vertical, S2 escarpement avec un profil présentant du surplomb, S3 escarpement avec un profil de versant réglé, S4 escarpement sous-cavés. S5 escarpement avec 2 formations rocheuses n'engendrant pas les mêmes scénarios de recul, S6 escarpement avec une formation meuble en amont

3.2. Proposition d'une matrice d'intensité

L'intensité (de l'aléa de référence) est théoriquement qualifiée par une grandeur physique représentative du phénomène. Compte tenu de la difficulté à traduire directement les caractéristiques physiques du phénomène en intensité, le guide national PPRn mouvement de terrain préconise de déterminer l'intensité :

- Soit à partir du potentiel de dommage engendré par l'aléa de référence sur un bâti standard⁴ ;
- Soit à partir de l'importance des mesures de protection qui pourrait être nécessaire pour s'en prémunir.

La hiérarchisation des aléas par l'intensité cadre la stratégie de valorisation des cartes produites pour des PPRn et les principes d'inconstructibilité en zone d'aléa fort notamment. La présente note s'inscrit dans cette logique en qualifiant d'intensité « élevée » les phénomènes **occasionnant des dommages importants au gros œuvre.**

Niveau d'intensité	Niveau d'endommagement
Légère I1	Peu de dommage au gros œuvre
Modérée I2	Dommage au gros œuvre sans ruine. Intégrité structurelle sollicitée
Elevée I3	Dommage important au gros œuvre. Ruine probable. Intégrité structurelle remise en cause
Très élevée I4	Destruction du gros œuvre. Ruine certaine. Perte de toute intégrité structurelle

Illustration 129 - Exemple d'échelle d'intensité (inspiré du guide PPRn mouvement de terrain de 1999)

Le guide PPR littoral considère que dans la cartographie du recul pour les falaises (nécessairement maritimes) : il n'existe un seul niveau d'aléa, l'aléa fort : « *En effet, la nature de l'aléa implique une disparition du terrain concerné qui ne pourrait se voir appliquer des prescriptions réglementaires* ». Si on généralise la thématique de recul à l'ensemble des escarpements et en se fondant sur la doctrine des PPRn (Illustration 129 - Exemple d'échelle d'intensité (inspiré du guide PPRn mouvement de terrain de 1999)) on peut définir une hiérarchisation de l'intensité du recul de la tête d'un escarpement en fonction du potentiel de dommage redouté.

Ce niveau de dommage est lié à la distance de recul cumulée liés à la réalisation des scénarios définis pendant la période de référence. La matrice des indices d'intensité est représentée sur l'illustration 130.

⁴ Cette notion peut s'apparenter à celle de bâti courant défini pour la prévention du risque sismique (Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » - maisons individuelle), sans présumer de la vulnérabilité physique du bâti. En référence, il s'agit de bâtiment d'habitation, de type maison individuelle, en maçonnerie.

Valeur de recul unitaire	Impact supposé au bâti	Intensité
< 1m	Peu de probabilité d'un endommagement structurel	Limitée
Entre 1 m et 3 m	Endommagement structurel probable (fissures)	Modérée
Entre 3 m et 5 m	Endommagement structurel très probable. Intégrité structurelle remise en cause	Elevée
> 5m	Possible ruine complète du bâti	Très élevée

Illustration 130 - Définition des classes d'intensité de l'aléa de recul en fonction de la distance de recul du scénario et du potentiel de dommages (Source : Méthodologie sur l'aléa de recul en cours d'élaboration par le BRGM)

Remarque !

Cette définition du niveau d'intensité de l'aléa de recul pourra évoluer afin de prendre en compte la quantité de travaux nécessaire pour réduire le risque (renfort de paroi), c'est-à-dire en fonction de la faisabilité des parades. Cette dernière solution, en plus de dépendre de la valeur du recul, permet de prendre en compte le linéaire d'escarpement à renforcer.

3.3. Recul et indice d'activité

Le Recul est défini par un ou plusieurs scénarios de référence, il s'agit de la distance de recul vers l'amont de la tête d'escarpement **dans la période de référence de 100 ans**.

Il peut être estimé à dire d'expert, par modélisation géomécanique, en appliquant des méthodes empiriques, à partir d'un ou plusieurs évènements historiques du secteur ou par analogie avec des zones géomorphologiquement comparables (et même en combinant plusieurs de ces méthodes). Dans la pratique, un relevé détaillé de la fracturation, des mécanismes de rupture et des volumes mobilisables est nécessaire pour évaluer précisément cet aléa.

Par ailleurs, en suivant une approche similaire à la MEZAP, il est recommandé que si des scénarios exceptionnels sont observés à des positions précises du linéaire d'escarpement, alors ce constat entraîne un point d'arrêt de l'étude et une concertation avec le donneur d'ordre pour déterminer si le scénario est envisageable dans les 100 ans. Dans le cas où le scénario est envisageable dans les 100 ans, il doit faire l'objet d'un diagnostic spécifique.

Dans certains cas d'aléa rocheux, la reproduction de scénarios donnés peut modifier la topographie et donc l'emprise de propagation de phénomènes récurrents. Il en est **systématiquement** de même pour l'aléa de recul où la reproduction de scénarios donnés engendre une modification de l'emprise de l'aléa. A ce titre **la prise en compte de l'ensemble de la période de référence** est essentielle.

En se basant sur des études réalisées dans divers contextes géologiques (Maquaire et Gigot, 1988, Moon et Healy, 1994, Gutierrez et al., 2016, Hantz 2018, Vallet et Hannion, 2018), plusieurs hypothèses de départ peuvent être formulées :

- [1] la probabilité d'occurrence d'un phénomène de grande ampleur (gros volume) est plus faible que celle de petits volumes. En effet, quel que soit l'escarpement concerné, il produit plus de petit blocs que de gros blocs (Hantz, 2018) ;
- [2] la probabilité d'occurrence d'évènements successifs affectant une même portion de falaise diminue avec le nombre d'évènements considérés. Ainsi, la probabilité de recul est décroissante en s'éloignant de la tête de falaise.

On peut définir l'activité comme la probabilité de réalisation d'un recul sur une période donnée. Pour un évènement susceptible de se reproduire en moyenne tous les 10ans on parlera d'activité décennale **pour ce phénomène**.

Compte tenu des points [1] et [2], on admet qu'une activité décennale de volumes V_{10} qui entraîne un recul unitaire R_{10} est définie telle que $V_{10} < V_{100}$ (et $R_{10} < R_{100}$), avec V_{100} et R_{100} , le volume et le recul unitaire d'évènements d'activité centennale.

Selon les recommandations du JTC-1 (Joint Technical Committee-1), si on considère un recul comme mettant en péril les personnes, on pourra qualifier de :

- activité faible : un recul annuel de probabilité 10^{-6} ; 
- activité modérée: un recul annuel de probabilité 10^{-5} ; 
- activité forte: un recul annuel de probabilité 10^{-4} ; 

Ces probabilités ne pouvant être quantifiées précisément avec les connaissances disponibles, la méthodologie proposée adopte une **démarche pragmatique et conservatrice, de type experte** et basée sur les hypothèses suivantes :

- Les évènements de chute de blocs / éboulement pour une période donnée affectent systématiquement le haut de l'escarpement et engendrent **systématiquement** un recul ;
- En cas d'évènements successifs possibles sur la période de référence, ces évènements sont considérés comme contigus et permettent de cumuler les reculs successifs ;
- On considère que l'évènement initial pouvant affecter **un secteur d'une zone homogène** de départ et générant le recul peut se produire en tout point de la zone considérée et ce de manière indistincte.

Ainsi, il est possible de réaliser une cartographie du recul associée à des probabilités (annuelles) fortes, moyennes et faibles en faisant des hypothèses sur les enchaînements d'évènements contigus pouvant conduire au cumul de reculs (voir illustrations 131 à 138). **Ces scénarios peuvent coexister et l'aléa retenu correspond à la configuration la plus défavorable.**

Différents enchaînements d'évènements contigus peuvent être considérés :

Type n°1 : Répétition de scénarios d'activité annuelle

L'escarpement est concerné par des évènements annuels de volumes V_1 qui entraînent chacun un recul par évènement de longueur R_1 . L'activité est forte, moyenne et faible pour un recul successif de 6 scénarios décennaux se produisant chronologiquement du scénario 1 au scénario 6.

Les évènements successifs doivent avoir affecté une certaine largeur de paroi, avant de pouvoir se produire le long de la nouvelle tête d'escarpement, induisant un recul supplémentaire. Ainsi, pour constater un recul de longueur $2.R_1$, le scénario présenté en illustration 131 considère nécessaire l'occurrence préalable de 2 évènements annuels contigus (scénarios 1 à 2), avant que l'occurrence d'un troisième évènement (scénario 4) puisse se cumuler au recul précédent. Un tel enchaînement a une probabilité d'occurrence annuelle inférieure à 10^{-3} , approximée à 10^{-3} pour des raisons pratiques. Un raisonnement similaire est adopté pour déterminer la probabilité d'obtenir un recul de $3.R_1$, ici approximée à 10^{-6} .

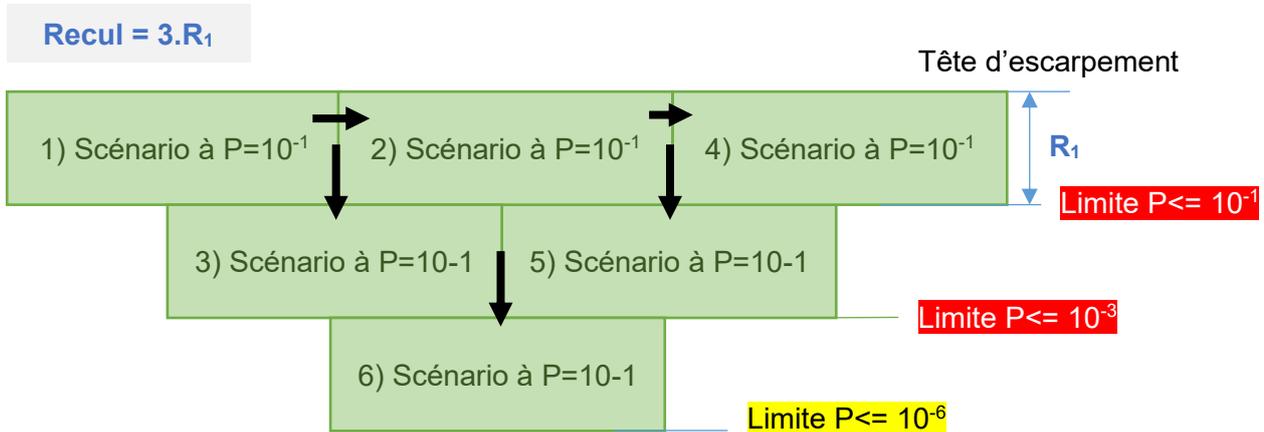


Illustration 131 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité annuelle induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)

Une alternative à ce scénario peut être pertinente dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (accident tectonique majeur, concentration des écoulements en tête de ravine, etc.). Ce scénario admet a priori l'occurrence de 6 évènements successifs l'un derrière l'autre (illustration 132).

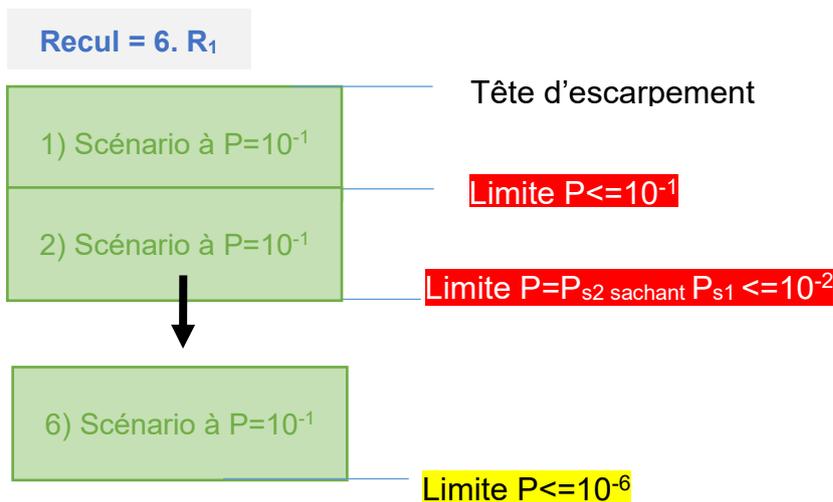


Illustration 132 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité annuelle induisant le recul de la tête d'escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan)

Type n°2 : Répétition de scénarios d'activité décennale

L'escarpement est concerné par des événements décennaux de volumes V_{10} qui entraînent chacun un recul par événement de longueur R_{10} . L'activité est forte, moyenne et faible pour un recul successif de 6 scénarios décennaux se produisant chronologiquement du scénario 1 au scénario 6.

Les événements successifs doivent avoir affecté une certaine largeur de paroi, avant de pouvoir se produire le long de la nouvelle tête d'escarpement, induisant un recul supplémentaire. Ainsi, pour constater un recul de longueur $2.R_{10}$, le scénario présenté en illustration 133 considère nécessaire l'occurrence préalable de 2 événements décennaux contigus (scénarios 1 à 2), avant que l'occurrence d'un troisième événement (scénario 4) puisse se cumuler au recul précédent. Un tel enchaînement a une probabilité d'occurrence annuelle inférieure à 10^{-3} , approximée à 10^{-3} pour des raisons pratiques. Un raisonnement similaire est adopté pour déterminer la probabilité d'obtenir un recul de $3.R_{10}$, ici approximée à 10^{-6} .

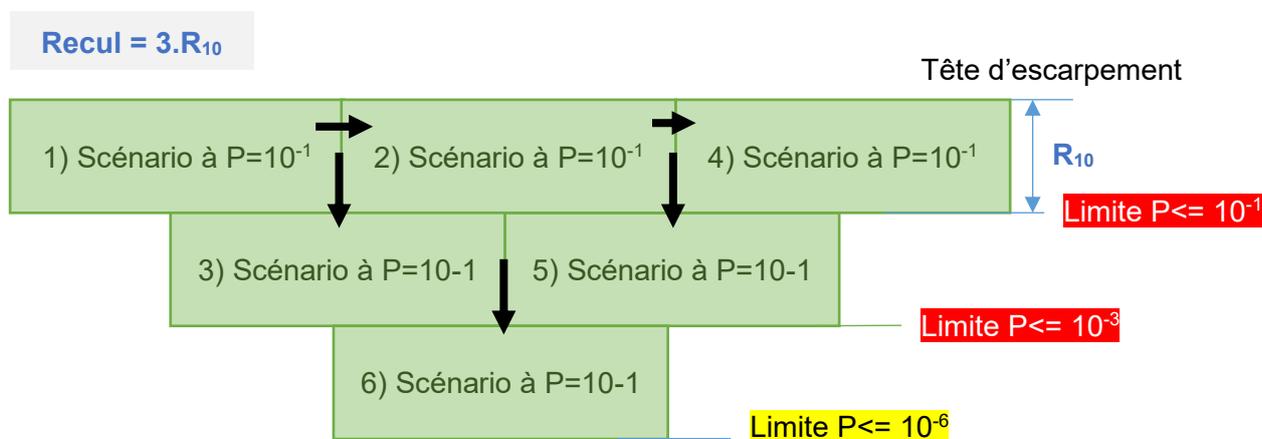


Illustration 133 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennal induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)

Une alternative à ce scénario peut être pertinente dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (accident tectonique majeur, concentration des écoulements en tête de ravine, etc.). Ce scénario admet a priori l'occurrence de 6 événements successifs l'un derrière l'autre (illustration 134).

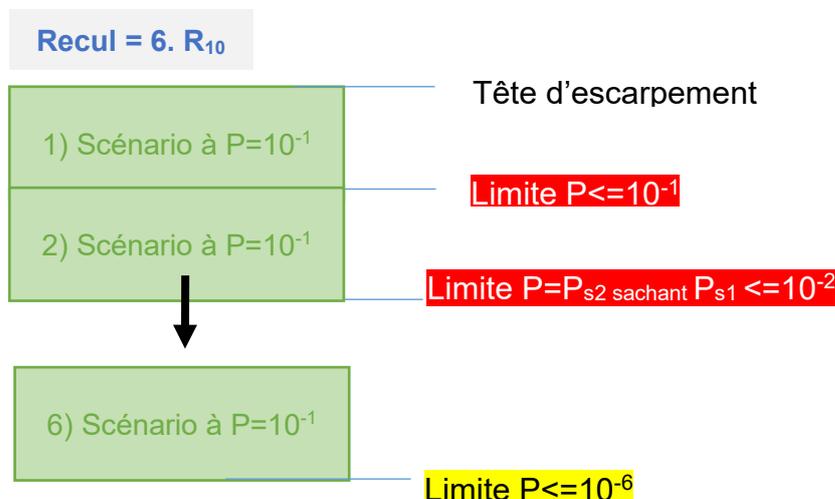


Illustration 134 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennal induisant le recul de la tête d'escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan)

Type n°3 : répétition de scénarios d'activité centennale

L'escarpement n'est concerné que par des évènements centennaux de volumes V_{100} qui entraînent chacun un recul par évènement de longueur R_{100} . L'activité est forte, puis faible pour un recul successif de 3 scénarios centennaux se produisant chronologiquement du scénario 1 au scénario 3.

Les évènements successifs doivent avoir affecté une certaine largeur de paroi, avant de pouvoir se produire le long de la nouvelle tête d'escarpement, induisant un recul supplémentaire. Ainsi, pour constater un recul de longueur $2.R_{100}$, le scénario présenté en illustration 135 considère nécessaire l'occurrence préalable de 2 évènements centennaux contigus (scénarios 1 à 2), avant que l'occurrence d'un troisième évènement (scénario 3) puisse se cumuler au recul précédent. Un tel enchaînement a une probabilité d'occurrence inférieure à 10^{-6} , approximée à 10^{-6} pour des raisons pratiques.

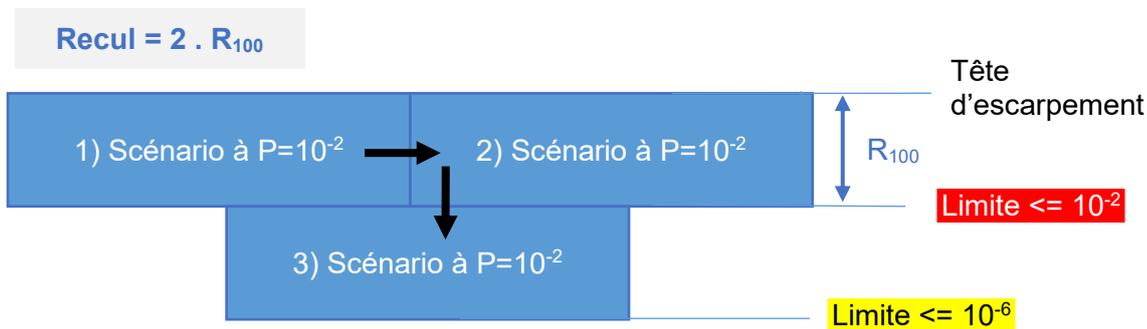


Illustration 135 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennale induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)

Ce scénario demeure assez hypothétique (répétition de 3 scénarios d'activité centennale sur la période de référence).

Une alternative à ce scénario peut être pertinente dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (accident tectonique majeur, concentration des écoulements en tête de ravine, etc.). Ce scénario admet l'occurrence de 3 évènements successifs l'un derrière l'autre (illustration 136).

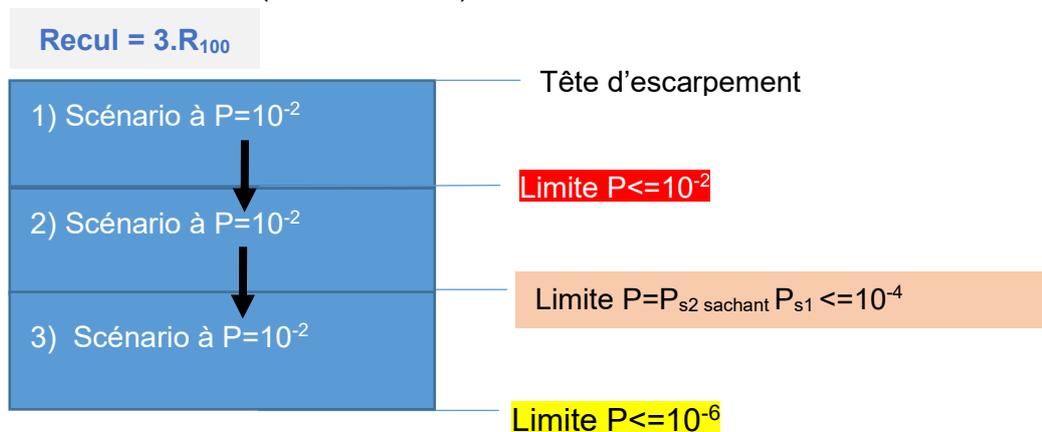


Illustration 136 – Enchaînement successif de scénarios de probabilité décennale induisant le recul de la tête d'escarpement dans les zones avec des facteurs de prédisposition aux chutes de blocs marqués (vue en plan)

Type n°4 : mélange de de scénarios d'activité centennale et décennale

L'escarpement est concerné par des événements centennaux de volumes V_{100} ainsi que par des événements décennaux de volumes V_{10} , entraînant respectivement des reculs de longueur R_{100} et R_{10} . Ainsi, pour une probabilité de 10^{-2} , le recul maximum attendu est celui engendré par un événement centennal R_{100} suivant le scénario 1 (illustration 137).

En faisant l'hypothèse que l'événement centennal affecte une largeur de paroi L_{100} très supérieure à la largeur d'un événement décennal L_{10} , on considère comme possible l'occurrence d'événements décennaux le long de la nouvelle ligne de crête correspondant à la cicatrice de l'événement centennal. Ainsi, pour constater un recul de longueur $R_{100} + R_{10}$ le scénario présenté en illustration 137 considère nécessaire l'occurrence préalable d'un événement centennal (scénario 1), avant que l'occurrence d'un deuxième événement décennal (scénario 2) puisse se cumuler au recul précédent (illustration 138). Un tel enchaînement a une probabilité d'occurrence inférieure à 10^{-3} , approximée à 10^{-3} pour des raisons pratiques.

Un raisonnement similaire est adopté pour déterminer la probabilité d'obtenir un recul de $R_{100} + 2R_{10}$, ici approximée à 10^{-5} . Un recul cumulé supérieur à $R_{100} + 2R_{10}$ correspondrait à une probabilité $\ll 10^{-6}$ et ne sera donc pas cartographiée.

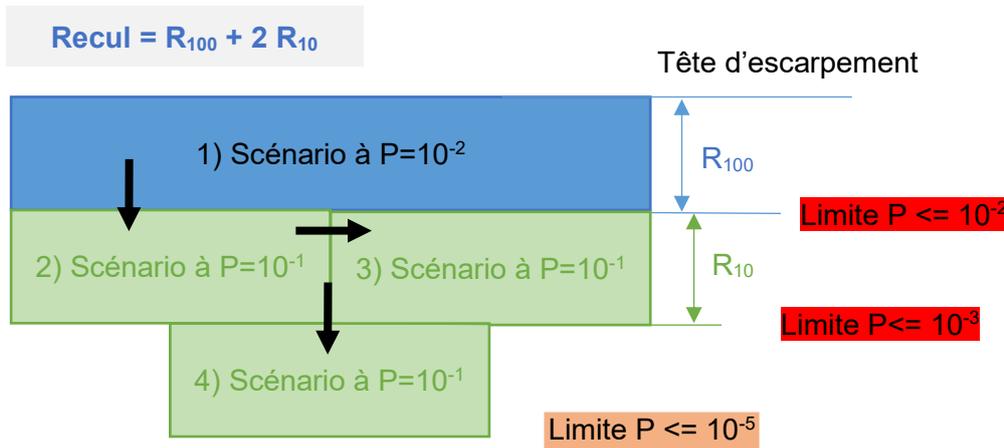


Illustration 137 - Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennale et décennale induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)

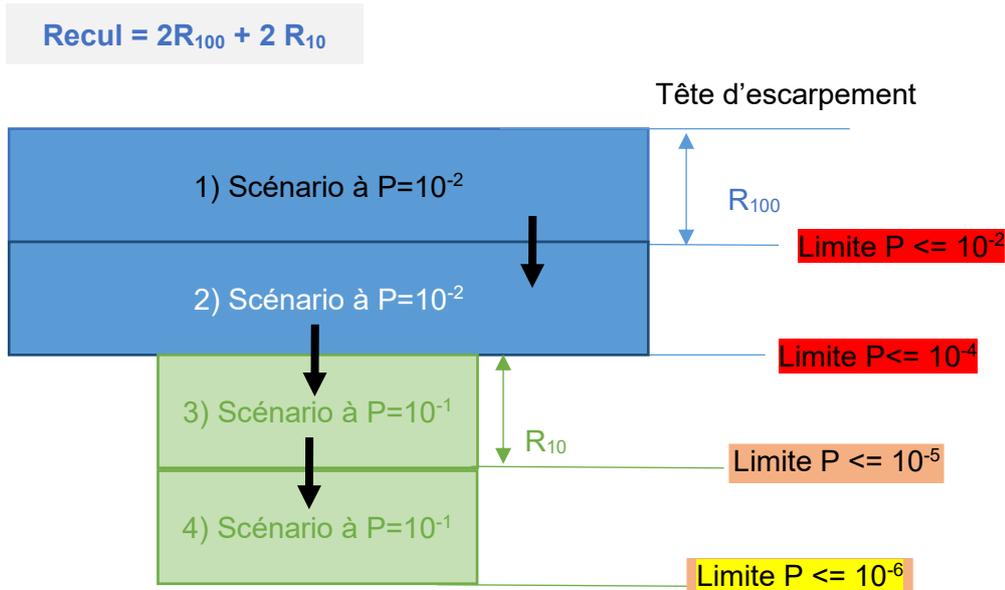


Illustration 138 - Enchaînement successif de scénarios de probabilité centennal et décennal induisant le recul de la tête d'escarpement (vue en plan)

Par ailleurs, les scénarios décrits ci-dessus ne seront acceptables que s'ils vérifient l'hypothèse que la probabilité de recul est décroissante en s'éloignant de la tête de falaise.

3.4. Matrice d'aléa

L'aléa de recul est défini par le croisement de l'intensité et de l'activité selon la matrice présentée en Illustration 139

Intensité \ Activité	Activité		
	Faible ($>P=10^{-6}$)	Moyen ($>P=10^{-5}$)	Fort ($>P=10^{-4}$)
Limitée	Faible	Faible	Faible
Modérée	Faible	Moyen	Moyen
Elevée	Moyen	Moyen	Fort
Très élevée	Fort	Fort	Très Fort (ou fort)

Illustration 139 - Matrice d'évaluation de l'aléa de recul

4. Limite cartographique de l'aléa de recul

Lorsque les limites cartographiques définissant les différentes probabilités de recul pour les scénarios précédemment décrits sont inférieures à 5 m, il n'est alors pas possible de différencier ces dernières pour un rendu de carte à l'échelle du 1 :5 000^{ème} (imprécision cartographique de 5 m pour un trait de 1 mm). La limite cartographique du recul sera donc déterminée de manière forfaitaire par rapport à cette valeur d'imprécision cartographique, à savoir une zone de recul de 5 m dont le niveau d'aléa retenu sera le plus contraignant.

Annexe 7 : Cartographie de l'aléa Chute de bloc sur les communes du Val de Briey

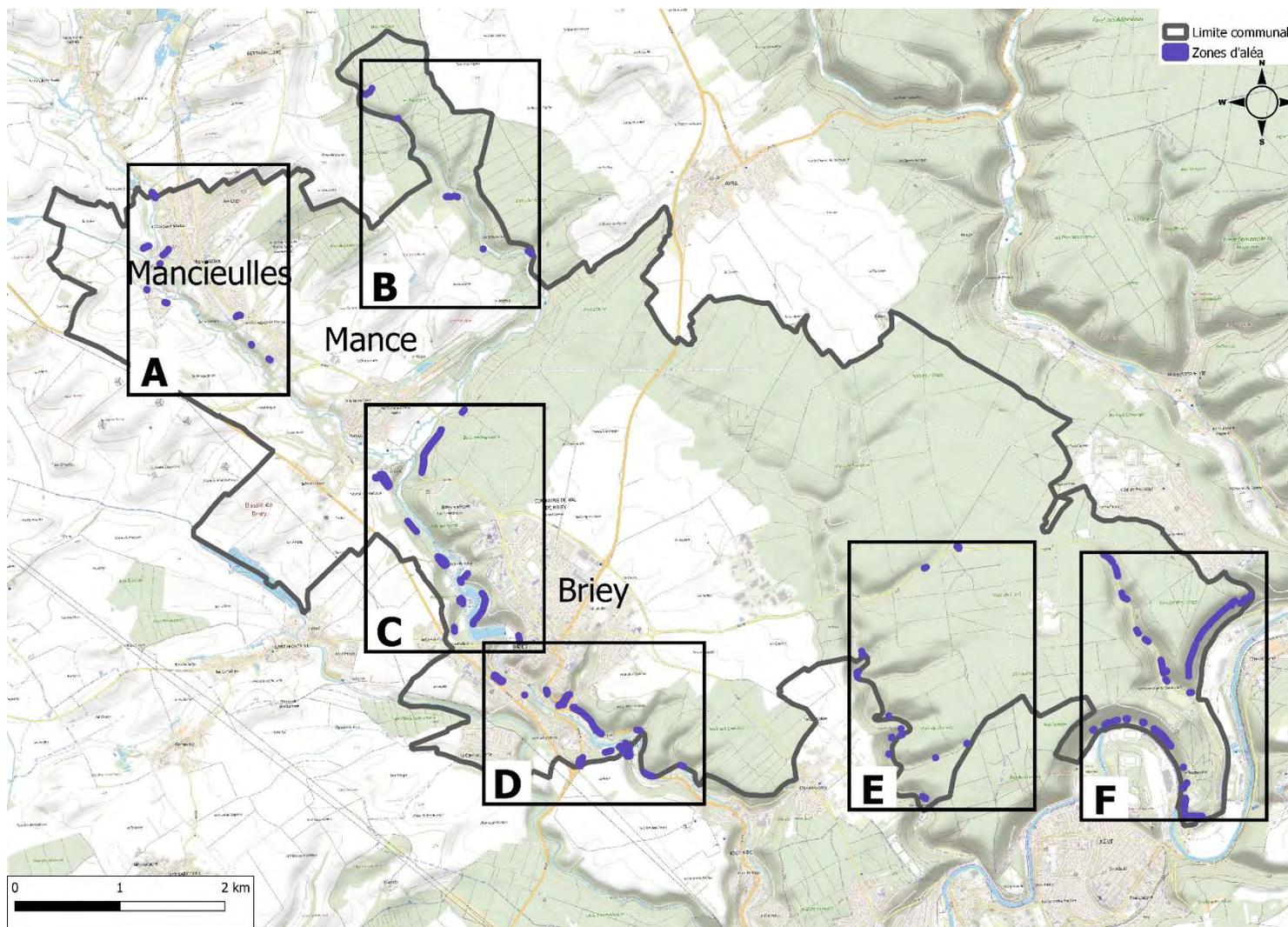


Illustration 140 – Localisation des zones d'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey (fond plan OSM)



Illustration 141 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie ouest de Mancieulles (fond plan OSM)

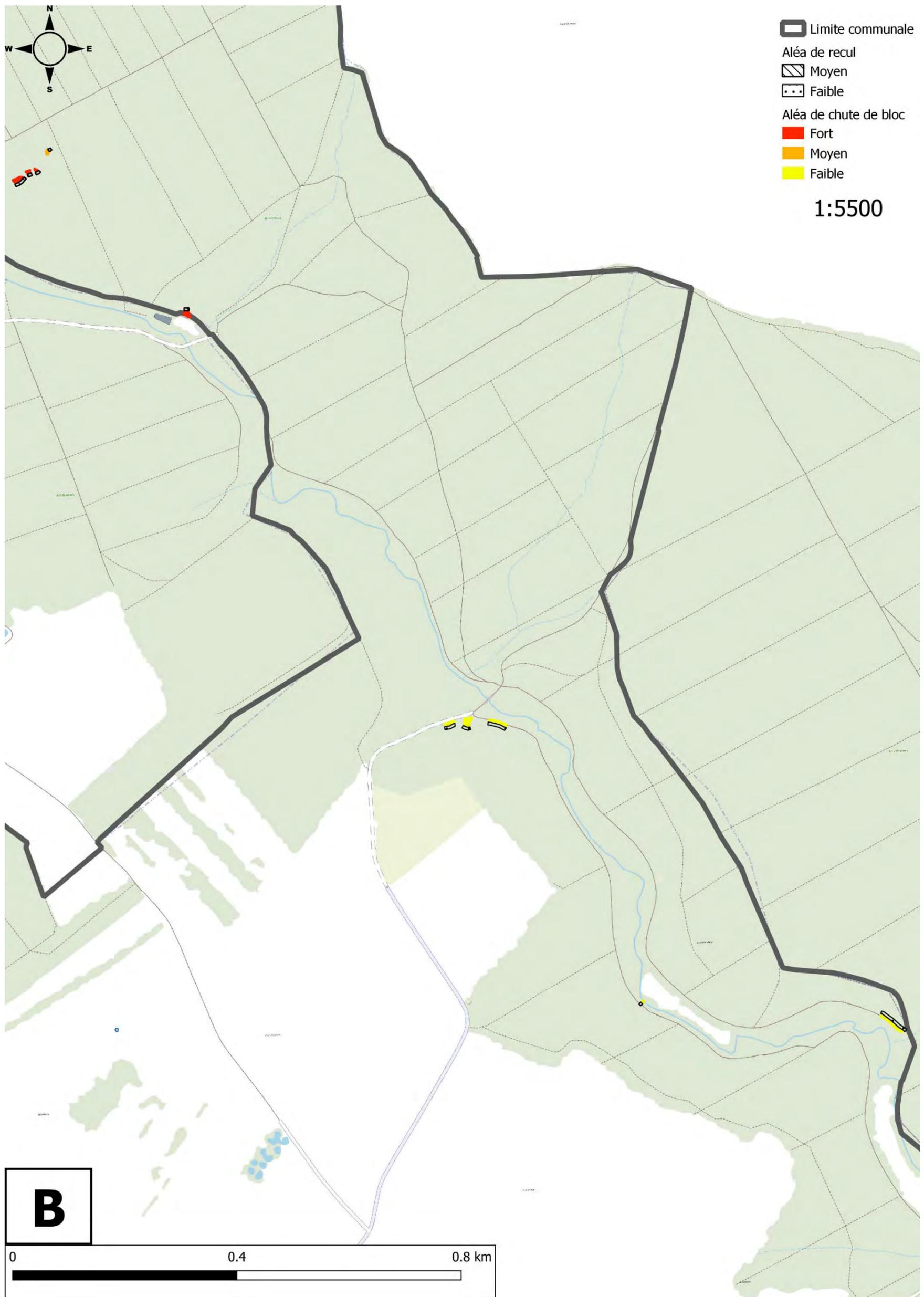


Illustration 142 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie nord de Mance (fond plan OSM)

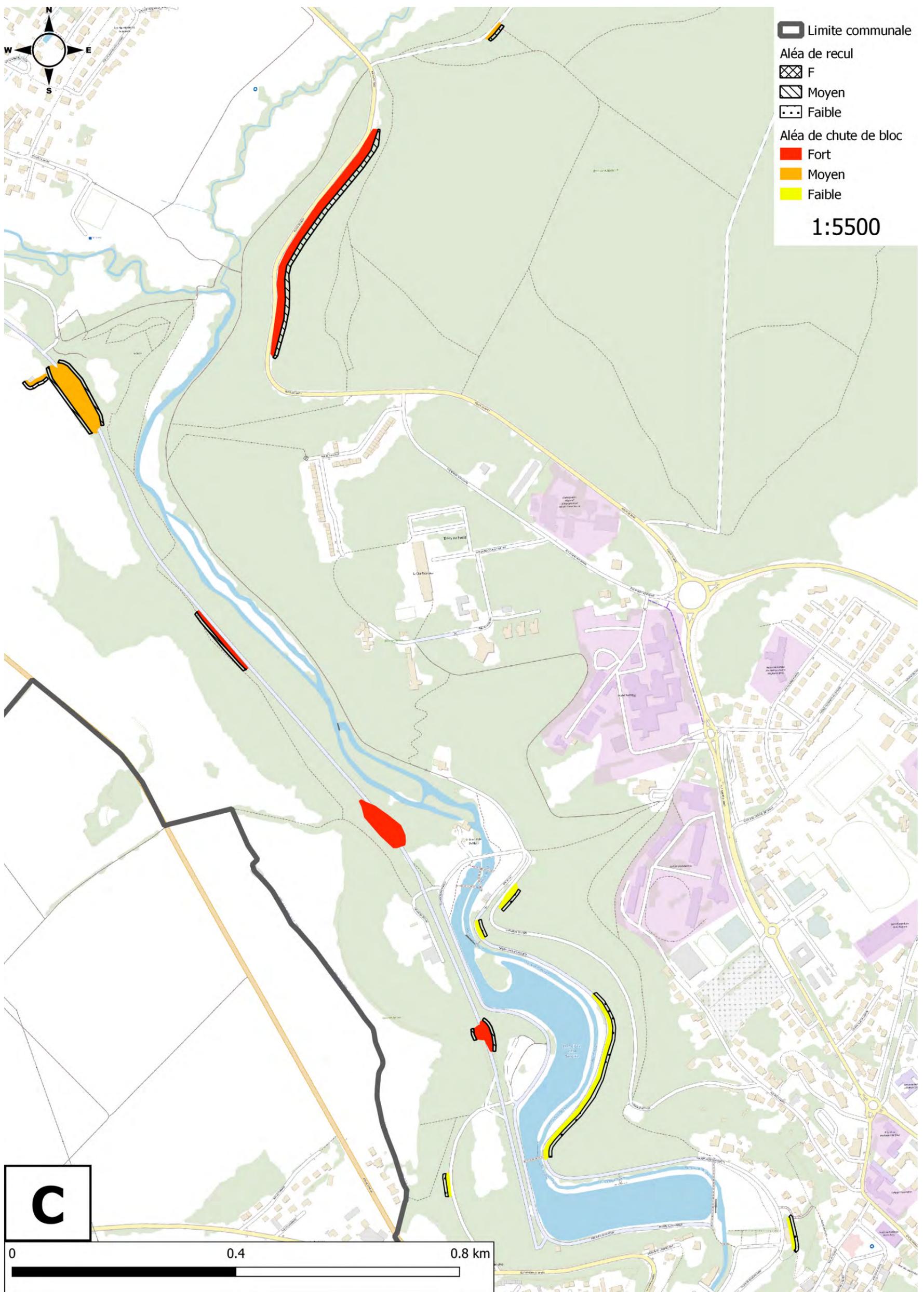


Illustration 143 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie sud de Mance et nord-ouest de Briey (fond plan OSM)

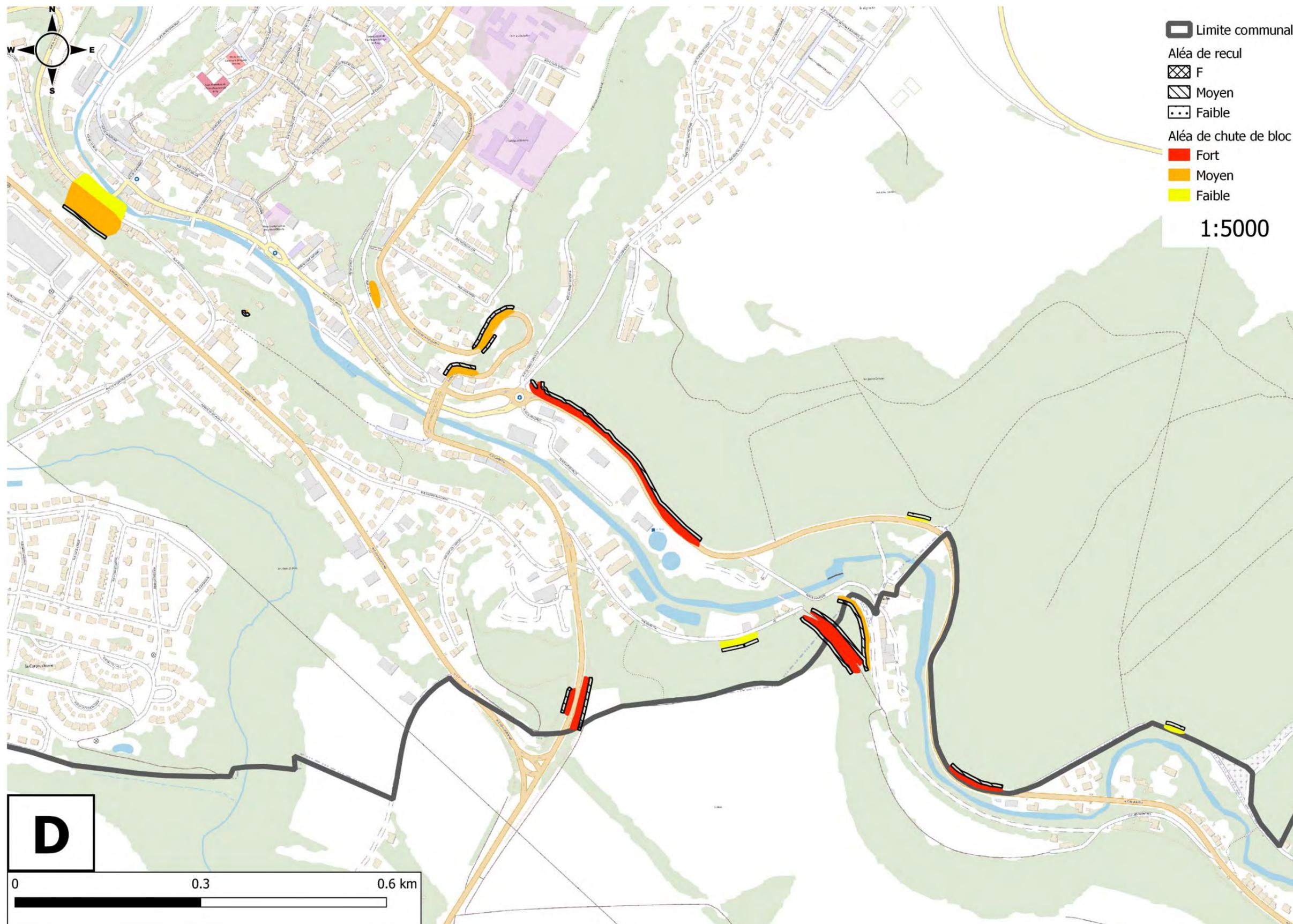


Illustration 144 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie sud de Briey (fond plan OSM)

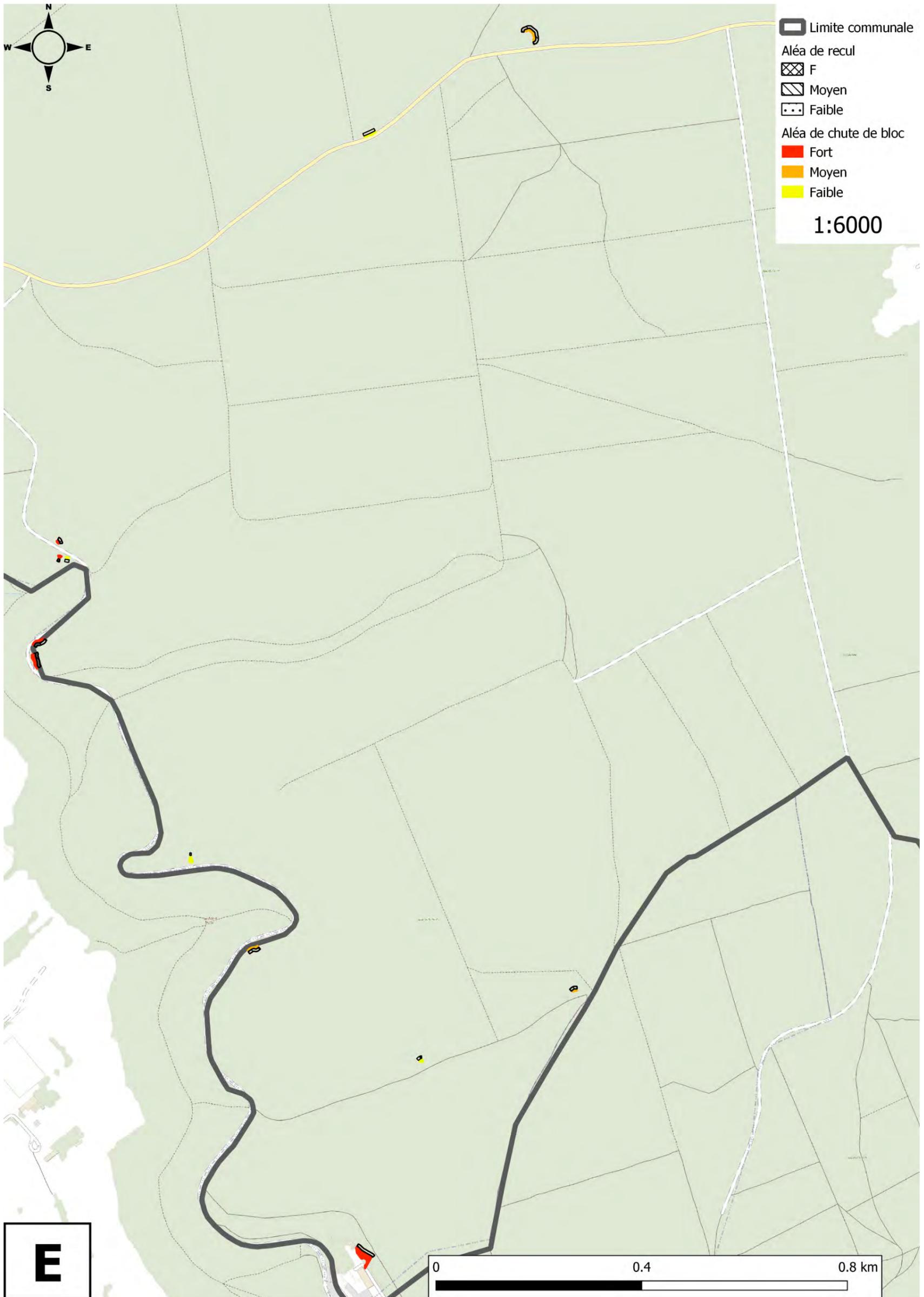


Illustration 145 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie est de Briey (fond plan OSM)

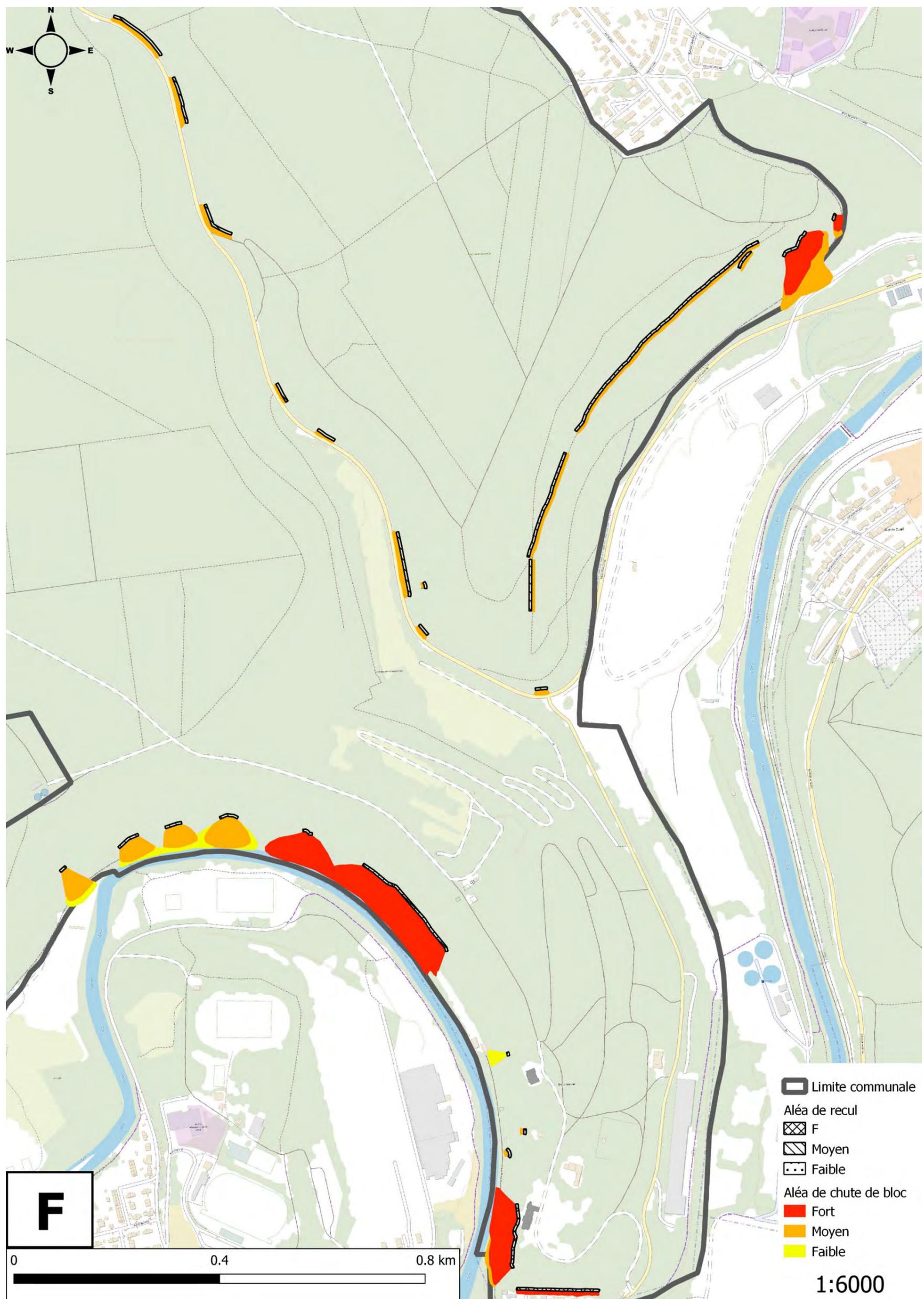


Illustration 146 – Cartographie de l'aléa chute de blocs sur la commune du Val de Briey, partie extrême est de Briey (fond plan OSM)

Annexe 8 : Tableaux synthétiques des parades pour les chutes de blocs

Parades actives (s'oppose à la manifestation du phénomène)		Capacité
Purge	purges douces (manuelles)	Purges d'éléments du dm ³ à qqs m ³
	purges à l'explosif (exceptionnelle)	
Reprofilage et abattage		Variable, en fonction du volume rocheux instable à abattre
soutènement	contrefort	Dépend du volume rocheux instable
	buton en béton	
	buton métallique	
	pilier	
Ancrage	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	
Béton projeté		technique de protection et non de soutien
Filets et grillages plaqués		Aucune capacité à supporter les éboulements de masse
végétalisation	Peut dans certain cas destabiliser la zone de départ et provoquer le phénomène	
Drainage	de surface ou profond	

Illustration 147 – Exemple de parades actives

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

Illustration 148 – Exemple de parades passives



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Centre scientifique et technique

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

Direction régionale Grand Est

1 rue Jean Zay
54500 Vandœuvre-lès-Nancy
Tél. : 03 83 44 81 49

www.brgm.fr



Géosciences pour une Terre durable

brgm