

TOME 2



APPROUVÉ
LE 13 FEVRIER 2020

Modifié le 25 septembre 2023

Annexes

LIVRE 3

MODIFICATION N°6

Etat Initial de l'Environnement
RISQUES FALAISES

*Extrait des pages modifiées
Dossier approuvé*



Données sur les risques associés aux falaises fluviales

Liste des études et données utilisées pour l'élaboration du PLU de la Métropole

Commune	Données disponibles
Amfreville	Etude éboulement de falaise au n°78 rte de Paris / mai 2001 / CETE Document d'urbanisme communal
Bardouville	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Document d'urbanisme communal
Belbeuf	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / 10 mai 1993 / SOPENA (à titre d'information) Réunion au sujet des éboulements du chemin de la chapelle / 3 novembre 1998 / Commune et CETE
Bonsecours	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / 10 mai 1993 / SOPENA (à titre d'information) Etude de stabilité de la falaise au niveau de la fourche RN182 et RN14 / avril 1982 / CETE
Canteleu	Cartographie du risque éboulement rocheux à l'échelle communale / mai 2007 / CETE 11145 9 études sur les sites identifiés par l'étude de 2007 / entre juin 2010 et juin 2013 / CETE Projet de confortement de la portion de falaise étudiée dans l'étude de juin 2013, parcelles BC24 et BC49/ date ? / BE ? Document d'urbanisme communal
Duclair	Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / décembre 1991 et avril 1993 / SOPENA (à titre d'information) Etude sur la parcelle AC234 (Affaire Inne) / septembre 2001 / BRGM Etude secteur de la maison Inne / juin 2011 / CETE Document d'urbanisme communal Etude Cartographie de l'aléa éboulement et chute de blocs dans le département de la Seine-Maritime (76). Année 1 / Novembre 2020 / BRGM (ref RP-70322-FR)
Elbeuf	IMS Document d'urbanisme communal
Freneuse	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Expertise chute de blocs parcelle AH110 / septembre 2007 / BRGM Expertise chute de blocs parcelle AH110 / août 2012 / BRGM
Gouy	Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / 10 mai 1993 / SOPENA (à titre d'information) Document d'urbanisme communal
Hénouville	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / décembre 1991 / SOPENA (à titre d'information)
Les Authieux	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018

La Bouille	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels (nombreuses zones en aléa forts) / avril 1993 / SOPENA (à titre d'information) Estimation des hauteurs avec les données LIDAR / mars 2017 / INGETEC
Communes	Données disponibles
Le Mesnil-sous-Jumièges	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels / avril 1993 / SOPENA (à titre d'information) Eude topo pour la définition de la zone de risque: profil de falaise, zone à risque et identification / mars 2009 / Euclyd Document d'urbanisme communal
Moulineaux	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018
Oissel	Etude sur l'éboulement au 43 route des Roches / 1971 / BRGM PER de juin 1994 Etude sur l'éboulement en mars 2001 au 2111 route des Roches / avril 2001 / ANTEA
Orival	éboulement sur la parcelle AB101, 2213 route des roches / Février 2015 / BRGM Article de presse du 12/2/2010, mur anti-éboulis à construire à coté de la boulangerie Article de presse du 12/2/2005, une voiture écrasée par un bloc Etude de l'éboulement parcelles ZC4, AD153, AD127, ZC21 / janvier 2001 / BRGM PER de juin 1994
Rouen	Etude de la colline Sainte-Catherine / avril 1993 / SOPENA (à titre d'information) Etude de la colline Sainte-Catherine / octobre 1994 / CETE Document d'urbanisme communal
Saint-Aubin-lès-Elbeuf	RICS et falaises / novembre 2012 / GEODEV Etude sur la chute de blocs au 34 rue de la Côte / février 2011 / BRGM Document d'urbanisme communal
Saint-Pierre-de-Varengeville	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / décembre 1991 / SOPENA (à titre d'information)
Tourville-la-Rivière	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018
Val-de-la-Haye	Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi MRN / Juin 2018 Etude des risques naturels prévisibles et mouvements de terrain / décembre 1991 / SOPENA (à titre d'information) Travaux au 14 rue des Frères Duret en mars 199 / TAN Projet de PER / date ? / CEBTP Diagnostic suite à éboulements sur la propriété PERSIL / mai 2001 / CETE Diagnostic suite à éboulements sur la propriété FAVRAUD / juin 2001 / CETE

Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi de la Métropole Rouen Normandie

Juin 2018



Crédit photo : © Cerema

Partenaire(s) de l'étude

Métropole Rouen Normandie

Métropole Rouen Normandie

Méthodologie de cartographie de l'aléa « éboulement rocheux » des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
01	Mars 2018	Document de travail transmis pour avis à la Métropole
02	Juin 2018	Version finale

Affaire suivie par

Reynald FLAAHUT - Département Laboratoire de Rouen – Unité Environnement et Risques Naturels
Tél. : 02 35 68 89 16
Courriel : reynald.flahaut@cerema.fr
Site de Rouen : Cerema Normandie Centre

Références

n° d'affaire : 17RR0055
maître d'ouvrage : Métropole Rouen Normandie (représentée par C. Dagom)

Rapport	Nom	Date	Visa
Établi par	Reynald Flahaut	Juin 2018	
Avec la participation de			
Contrôlé par	Stéphanie Detourbe		
Validé par			

Résumé de l'étude :

A la demande et pour le compte de la Métropole Rouen Normandie, le Cerema Normandie Centre a assisté la Métropole pour la cartographie des zones exposées au risque d'éboulement associé aux falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi par l'élaboration d'une méthodologie s'appuyant sur des données géométriques obtenues préalablement par LIDAR.

Méthodologie de cartographie de l'aléa éboulement rocheux – juin 2018

2/14

Table des matières

CONTEXTE.....	5
1 Définition.....	5
2 Mécanismes des chutes de pierres, de blocs ou éboulements rocheux.....	6
3 Facteurs d'érosion externes.....	7
3.1 Actions continentales.....	7
3.2 Actions chimiques.....	8
3.3 Actions biologiques.....	8
3.4 Actions physiques d'origine anthropique.....	8
4 Cartographie des phénomènes.....	8
BIBLIOGRAPHIE.....	8
PROPOSITION DE MÉTHODOLOGIE.....	9
1 Définition de la hauteur H des falaises.....	9
2 Définition des zones de propagation.....	10
3 Cartographie des zones à risque.....	10
ZONE DE TEST.....	11
CONCLUSION – MÉTHODOLOGIE RETENUE.....	13

A la demande et pour le compte de la Métropole Rouen Normandie, le Cerema Normandie Centre a assisté la Métropole pour la cartographie des zones exposées au risque d'éboulement des falaises fluviales dans le cadre de l'élaboration du PLUi.

La mission a comporté 4 phases :

1. Recueil et analyse d'une partie des données bibliographiques disponibles au Cerema, à la Métropole et à la DTM76 sur le secteur d'étude,
2. Élaboration d'une méthodologie de cartographie du risque éboulement s'appuyant sur les données LIDAR disponibles (définition des zones de falaises, prise en compte de la propagation,.....),
3. Mise en œuvre de la méthode sur quelques sites tests et validation à dire d'expert de la méthode compte tenu des cartographies obtenues sur ces zones,
4. Rédaction d'une note méthodologique, objet de ce rapport.

Contexte

En Seine Maritime, la doctrine définissant les zones à risques d'éboulement de falaise établie par les services de l'état, doit être appliquée en l'absence d'étude spécifique.

Cette doctrine précise les distances à calculer pour cartographier les zones inconstructibles à la fois côté amont et coté aval des falaises, à savoir :

- en haut de falaise, recul de 0,6 fois la hauteur de la falaise depuis le pied de la falaise ou 30m minimum depuis le haut de la falaise,
- au pied de la falaise, zone de 1,5 fois la hauteur de la falaise depuis le pied de la falaise.

Cette doctrine implique donc de calculer sur l'ensemble du territoire de la métropole, la hauteur des zones de falaise. Il est donc nécessaire de définir ce qu'est une falaise à partir de données géométriques.

Les phénomènes d'éboulement rocheux

1 Définition

Les chutes de masses rocheuses font partie des mouvements de terrain dits « rapide, discontinus et brutaux » qui résultent de l'action de la pesanteur sur des matériaux rigides et fracturés.

On distingue :

- **les pierres** d'un volume est inférieur à 1 dm^3
- **les blocs** d'un volume compris entre 1 dm^3 et 1 m^3
- **les gros blocs** d'un volume supérieur à 1 m^3

Selon le volume total éboulé, on parle de :

- **chutes de pierres ou de blocs** pour un volume total inférieur à la centaine de m^3
- **éboulements en masse** pour un volume allant de quelques centaines de m^3 à quelques centaines de milliers
- **éboulements (ou écroulements) en grandes masses** pour les volumes supérieurs au million de m^3 .

Le caractère soudain et souvent imprévisible de ces instabilités rocheuses en font des phénomènes dangereux pour les vies humaines, même pour les chutes de pierres. Les plus gros volumes peuvent causer des dommages importants aux structures.

Dans le secteur d'étude de la Métropole, les phénomènes connus ou potentiels retenus sont les chutes de pierres ou de blocs et les éboulements en masse.

2 Mécanismes des chutes de pierres, de blocs ou éboulements rocheux

Les éboulements rocheux sont le résultat de la dégradation progressive de la falaise, notamment sous l'action des agents climatiques extérieurs, ainsi que de la gravité.

Certains compartiments, pré-découpés par des systèmes de discontinuités naturelles (diaclasses, fissures, fractures ...), sont ainsi amenés vers un état d'instabilité potentielle. Ces discontinuités, qui constituent des surfaces de faiblesse préexistantes, sont soumises à des processus de vieillissement. Ces derniers induisent alors des pertes de cohésion au sein du massif rocheux, permettant un guidage des éventuelles ruptures.

Les phénomènes d'éboulements rocheux, au sens large, répondent ainsi à plusieurs types de mécanismes de déstabilisation.

Mécanisme d'instabilité	Configuration
Glisement plan	
Glisement plan composé	
Glisement du dôme	
Rupture de surplomb ou de dalle en toit	
Rupture d'échelle en paroi	
Basculement de bloc, de panneau ou de colonne	
Rupture de pied de colonne	

Illustration 1: les différents mécanismes de rupture (source : guide technique "les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux" LCPC 2004)

Les éboulements rocheux sont ainsi dus à la conjonction de conditions défavorables permanentes (géologie, tectonique, facteurs morphologiques, ...) et de facteurs d'érosion externes déclenchants, décrits ci-après.

3 Facteurs d'érosion externes

3.1 Actions continentales

- Le gel peut engendrer et activer des phénomènes de fissuration par gélification. Cela peut conduire au sous-cavage des bancs crayeux les plus sensibles par écaillages, induisant des zones de surplombs (correspondant généralement aux bancs de craie noduleux recristallisés et aux bancs de silex). L'eau peut également s'accumuler au sein d'une discontinuité existante et, en période de gel, écarter celle-ci.

- Le lessivage de la paroi de la falaise par les eaux pluviales.
- La mise en pression des circulations des eaux d'infiltration dans les discontinuités de la craie et dans le réseau karstique. En arrière de certains fronts de falaise, existent des poches d'argile à silex qui peuvent être portées à saturation en cas de fortes précipitations. Celles-ci peuvent se vidanger en entraînant l'éboulement d'un parement crayeux.
- Les précipitations pluviométriques, en s'infiltrant, peuvent augmenter la teneur en eau naturelle de la craie et induire de ce fait une diminution des propriétés mécaniques de celle-ci.
- Le vent participe au basculement d'arbres en crête (effet de « bras de levier ») pouvant provoquer des déchaussements de blocs.

3.2 Actions chimiques

Les eaux d'infiltration peuvent dissoudre le carbonate de calcium, favorisant une évolution de certaines discontinuités.

3.3 Actions biologiques

Les racines des végétaux, pénétrant dans les fissures de la craie et les écartant, favorisent l'infiltration des eaux de ruissellement et la désolidarisation des compartiments crayeux.

3.4 Actions physiques d'origine anthropique

Les excavations, ainsi que la non-maîtrise des eaux de ruissellement peuvent constituer des facteurs déclenchants.

4 Cartographie des phénomènes

La méthodologie pour la prise en compte de l'aléa « éboulement rocheux » dans le cadre du PLUi visera à cartographier l'ensemble des phénomènes et notamment prendra en compte le phénomène dont l'intensité est la plus faible, à savoir les chutes de pierre. Elle prendra aussi en compte le mécanisme de rupture le plus pénalisant en terme de propagation à savoir, sur le territoire de la Métropole, le mécanisme de rupture par basculement de bloc, de panneau ou de colonne. On peut donc considérer que les zones cartographiées à partir de cette méthodologie correspondront à des territoires pouvant être impactés de très fortement à très faiblement par les phénomènes d'éboulement.

Bibliographie

Compte tenu du nombre important d'études disponibles (notamment au Cerema), le choix a été fait de ne retenir qu'un petit nombre d'études suffisamment représentatives pour cette phase qui vise à définir ce qu'est une falaise dans le cadre de cette étude.

Les études suivantes ont donc été ainsi prise en compte :

- Rouen – éboulement colline Sainte Catherine (affaire 12006 CETE Normandie Centre – avril 2008),
- Canteleu – éboulement du stade au lieu-dit Dieppedalle (affaire 10543 CETE Normandie Centre – mars 2006),
- Stabilité des falaises (Seine Maritime) Commune d'Orival (CETE Normandie Centre – 1981?).

Les documents suivants ont aussi été pris en compte :

- Caractérisation et évaluation de l'aléa versant rocheux sous-cavé – projet de guide technique Cerema – INERIS,
- Dossier de synthèse Falaises fluviales en Seine Maritime – DDTM – mars 2016,
- Méthodologie de cartographie de l'aléa Cerema NC (document interne CETE Normandie Centre)

L'analyse des études a porté sur 2 points :

1. quelles sont les zones qui peuvent générer des éléments rocheux,
2. quelles sont les zones qui peuvent permettre la propagation des éléments rocheux.

Proposition de Méthodologie

NB : la méthodologie définie, ainsi que les valeurs retenues (angle, hauteur,...), prennent en compte le contexte spécifique du territoire d'étude, à savoir l'existence de falaise crayeuse générant régulièrement des chutes de pierre ou de blocs et des éboulements. En dehors d'une analyse complémentaire, le champ d'application de la méthodologie est donc le territoire de la métropole.

A partir des données issues de la phase de bibliographie et de la connaissance du territoire des agents du Cerema Normandie Centre (« dire d'expert »), les éléments suivants ont été définis.

Pour la cartographie des zones susceptibles d'être impactées par les éboulements rocheux, on peut distinguer deux zones :

- * les zones de départs susceptibles de générer des mouvements, c'est ce qu'on appellera "falaise",
- * les zones de propagation, en aval des zones de départs, le long desquels les éléments se propagent sans perte d'énergie notable (c'est un "toboggan").

1 Définition de la hauteur H des falaises

Concernant les zones de départs, on constate qu'à partir d'une pente comprise entre 50° et 60° des éléments rocheux peuvent être mobilisés dans le contexte géologique du territoire de la métropole.

On peut donc considérer dans le cadre de l'élaboration du PLUi que les zones de départs à prendre en compte, qu'on appellera les "falaises", sont constituées par les terrains dont les pentes sont supérieures à 55°. C'est à partir de ces pentes que l'on détermine la hauteur H de la falaise.

2 Définition des zones de propagation

Ces zones sont constituées par les terrains dont la pente est suffisante pour propager les éléments rocheux détachés des zones de falaises sans perte notable d'énergie.

A partir des éléments étudiés, on peut considérer, dans le cadre de l'élaboration du PLUi, qu'une valeur de pente supérieure à 30° permet cette propagation.

3 Cartographie des zones à risque

Pour cartographier la zone de risque liée aux falaises en aval, il faut distinguer 2 cas :

- * présence en pied de la falaise d'une pente supérieure à 30° (zone de propagation),
- * présence en pied de la falaise d'une pente inférieure à 30° (zone d'épandage uniquement).

En cas de présence d'une pente supérieure à 30°, la cartographie de la zone à risque correspondra à une zone de 1,5 fois la hauteur H de la falaise depuis le pied de la pente à 30° (voir schéma 1 page suivante).

En cas de présence d'une pente inférieure à 30°, la cartographie de la zone à risque correspondra à une zone de 1,5 fois la hauteur H de la falaise depuis le pied de la pente à 55° (voir schéma 2 page suivante).

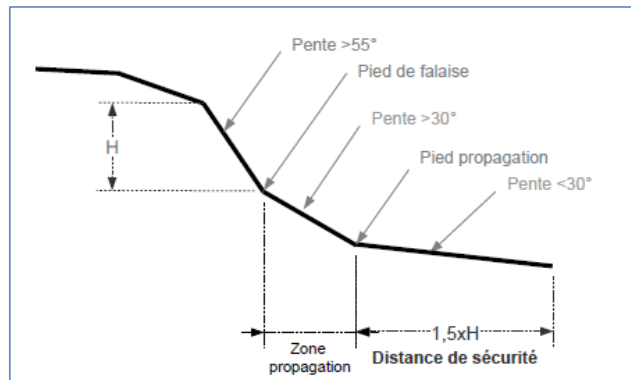


schéma 1 : avec zone de propagation

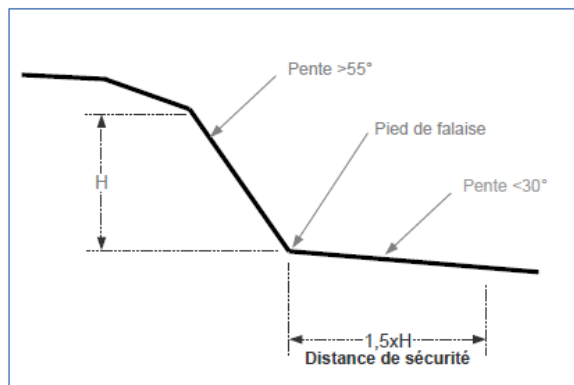


Schéma 2 : épandage uniquement

Pour cartographier la zone à risque côté amont, on peut appliquer a priori la doctrine des services de l'état, soit 0.6 fois la hauteur depuis le pied de la falaise ou 30m depuis la crête.

Les zones à risques seront construites en calculant la hauteur et les éventuelles distances de propagation tous les 5m le long du pied de falaise. Ce pas de mesure permet de prendre en compte :

- des variations assez localisées de la morphologie des falaises,
- l'application dans le domaine de l'urbanisme,
- l'approche néanmoins globale de l'étude.

A ce stade, il a été proposé de tester la méthode sur les secteurs suivants :

- * Rouen secteur de la colline Ste Catherine,
- * entre Canteleu et Val de la Haye,
- * sur Orival.

En fonction des résultats sur ces zones de test, le critère principal sur lequel agir est la pente déterminant les zones de falaise, à savoir la diminuer - 50°- si des secteurs d'éboulements connus ne sont pas cartographiés, ou l'augmenter - 60°- si de nombreux secteurs manifestement peu concernés par le risque falaise sont cartographiés.

Zone de test

La Métropole s'est chargée de la cartographie sur les zones proposées.

Sur l'ensemble des zones, on constate que :

- les secteurs connus de falaise sont cartographiés,
- il n'apparaît pas de zones a priori non identifiées présentant un risque d'éboulement.

Ces deux points permettent donc de valider

- l'utilisation du MNT obtenu à partir du LIDAR GIP Seine Aval,
- la pente de 55° comme pente au delà de laquelle les terrains sont susceptibles de générer des mouvements de terrain de type éboulement.

Concernant le zonage en aval des falaises, il apparaît que celui ci englobe parfois largement les zones définies sur les sites test à partir d'études plus détaillées. Ce point s'explique par le fait que la méthodologie prend en compte comme point de départ du zonage la limite des pentes de propagation en pied de falaise et le phénomène d'éboulement le plus défavorable. Le zonage est donc sécuritaire, ce qui correspond à l'objectif d'identifier de manière exhaustive les zones à risques d'éboulement.

Concernant le zonage amont, il a été constaté que pour les falaises de faible hauteur (inférieure à 10m notamment) , le critère « 30m minimum » était très pénalisant et ne représentait pas les secteurs pouvant être impactés réellement (par exemple zonage de 30m en haut de falaise et de 7,5m en pied pour une falaise de 5m de hauteur).

Il a donc été proposé de modifier la méthodologie pour la cartographie de ces zones en amont. A partir de la doctrine et des éléments de bibliographie, la proposition suivante a été élaborée :

- Pour les falaises dont la hauteur est comprise entre 3 et 30 mètres, la zone de risque est de 1 fois la hauteur de falaise depuis le pied de falaise,
- Pour les falaises dont la hauteur est comprise entre 30 et 50 mètres, la zone de risque est de 30 mètres depuis le rebord de falaise,
- Pour les falaises dont la hauteur est supérieure à 50 mètres, la zone de risque est de 0.6 fois la hauteur de falaise depuis le pied de falaise.

De plus, il est apparu qu'afin d'écarter les zones de talus de faible hauteur et de prendre en compte les secteurs pouvant avoir un impact réel en terme d'aménagement notamment, seules les falaises dont la hauteur est supérieure à 3 mètres sont gardées pour générer les zones de risque.

Les résultats obtenus ont été confrontés à la réalité du terrain lors d'une visite conjointe Cerema – Métropole sur le territoire de la commune du Val de la Haye. Cette visite a eu lieu le 22 mai 2018. On peut en tirer les enseignements suivants :

- les zones de falaise semblent bien toutes identifiées, y compris celles difficilement accessibles ou visibles sur le terrain,
- des zones d'extension réduite correspondant à des talus raides, ne présentant pas d'aléa « éboulement » peuvent être cartographiées localement (ces zones peuvent néanmoins être à l'origine de mouvement de terrain de type glissement superficiel).

Conclusion – Méthodologie retenue

L'ensemble des documents analysés, la connaissance locale du Cerema, ainsi que les tests réalisés ont permis d'établir une méthodologie pertinente pour la prise en compte du risque éboulement des falaises fluviale dans le cadre de l'élaboration du PLUi de la Métropole.

Cette méthodologie s'articule autour des points suivants :

- calcul des pentes à partir du MNT LIDAR Seine Aval,
- identification des zones de pentes supérieures à 55° retenues comme « falaises » susceptibles de générer des éboulements,
- calcul de la hauteur des falaises à partir de ces zones avec un profil tous les 5m,
- identification des zones de pentes supérieures à 30° retenues comme zone de propagation,
- calcul des distances impactées par profil côté amont et côté aval (fonction de la hauteur de la falaise),
- report de ces distances depuis la crête, le pied de falaise ou le pied de la zone de propagation en fonction des cas.

Les zones potentiellement impactées par les phénomènes de type éboulement sont ainsi identifiées sur le territoire la Métropole. Des études locales, plus détaillées et prenant notamment en compte la géométrie spécifique de chaque zone de falaise pourront permettre de mieux préciser les niveaux d'aléas au sein de ces zones.



Cerema Normandie-Centre

10 chemin de la poudrière – CS 90245 – 76121 Le Grand-Quevilly cedex
Tel : 02 35 68 81 00 – Fax : 02 35 68 88 60 – mel : DTerNC@cerema.fr

Conception : Réalisation : Edition : Date