



Identification et hiérarchisation des zones prédisposées au risque chutes de blocs et éboulements. Département de l'Eure (27)

Rapport final

BRGM/RP-64252-FR

Janvier 2015



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Identification et hiérarchisation des zones prédisposées au risque chutes de blocs et éboulements. Département de l'Eure (27)

Rapport final

BRGM/RP-64252-FR

Janvier 2015

Étude réalisée dans le cadre des opérations (projets)
de Service public du BRGM

C. Greffié, P. Pannet, M. Leroy, M. Boulet

Vérificateur :

Nom : S. Bernardie

Date : 10/02/2015

Signature :



Approbateur :

Nom : D. Pennequin

Date : 20/02/2015

Signature :



Mots-clés : Chute de blocs, éboulement, falaise, craie, prédisposition, aléa, Eure, Haute-Normandie

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

Greffié C., Pannet P., Leroy M., Boulet M. (2015) – Identification et hiérarchisation des zones prédisposées au risque de chutes de blocs et éboulements. Département de l'Eure (27). Rapport final. BRGM/RP-64252-FR, 54 p., 35 ill., 1 ann. H.T., 1 CD.

Synthèse

Le département de l'Eure est un large plateau, essentiellement au soubassement crayeux. Il a été au fil du temps entaillé, parfois profondément, par les vallées qui le traversent.

Cela a généré des reliefs marqués, avec de nombreux abrupts et par endroits la présence de falaises de plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

Ces abrupts, soumis à différents facteurs (prédisposition, déclenchement), génèrent des instabilités, se traduisant ponctuellement par l'occurrence de chutes de pierres, de blocs, voire d'éboulements.

Le fond de ces vallées encaissées étant relativement étroit, et soumis à un risque de crue, les constructions et les espaces de vie se trouvent de fait assez souvent à proximité des pieds de versant.

C'est pourquoi il existe une probabilité parfois importante que les instabilités de versant impactent les zones urbanisées situées en contrebas. Plusieurs cas ont d'ailleurs été recensés ces dernières années dans le département.

Aussi, dans le cadre de la mise en place du Schéma Départemental des Risques Majeurs et dans celui de la prise en compte du changement climatique global pouvant amener à une augmentation de l'occurrence des instabilités, la DDTM de l'Eure a demandé au BRGM d'identifier les zones prédisposées à l'aléa chutes de blocs et éboulements de falaises, puis de croiser ces zones avec les enjeux recensés, afin de hiérarchiser les zones potentiellement à risque.

L'étude réalisée sur la totalité du département de l'Eure permet d'avoir une bonne vue d'ensemble des zones prédisposées au risque de chutes de blocs et d'éboulements de falaises à l'échelle du département.

La méthodologie simple mise en place (carte de pentes, contrôle terrain), a en effet d'abord permis d'identifier rapidement l'ensemble des zones soumises à l'aléa chutes de blocs / éboulements de falaises au niveau de tout le département.

Une zone de propagation a priori (approche simple à ce stade) a ensuite été associée aux zones identifiées comme présentant une prédisposition moyenne ou forte à l'aléa chutes de blocs / éboulements de falaises qui a permis d'identifier par une technique de croisements SIG, les enjeux potentiellement impactés dans les zones prédisposées.

Une note de vulnérabilité après a été attribuée aux enjeux identifiés, afin de repérer les secteurs sensibles potentiellement soumis au risque de chutes de blocs et d'éboulements. Cela a permis de hiérarchiser les zones prédisposées pour lesquelles des études plus fines de l'aléa seront nécessaires.

A l'issue des travaux, 179 zones de prédisposition au risque chutes de blocs et/ou éboulements ont été caractérisées. Le croisement avec les enjeux a permis d'identifier plusieurs sites potentiellement à risque. La hiérarchisation effectuée a ensuite débouché sur un classement des zones à enjeux prédisposées au risque de chutes de blocs et d'éboulements de falaises selon trois priorités :

- P1 : 23 sites (répartis sur 18 communes), dont les zones de prédisposition forte pourraient impacter des enjeux à forte vulnérabilité (bâtiments). Nous recommandons pour ces zones d'engager une étude de l'aléa à fine échelle dans des délais courts ;
- P2 : 27 sites vulnérables pour lesquels des bâtiments sont potentiellement soumis à une zone de prédisposition moyenne, ainsi que 20 sites pour lesquels des tronçons routiers et un réservoir d'eau potable sont directement en aval de zones présentant une prédisposition forte. Nous recommandons également pour ces sites la réalisation d'une cartographie de l'aléa à fine échelle ;
- P3 : 18 tronçons de chemins potentiellement soumis à des zones de prédisposition fortes.

Les autres zones identifiées ne nécessitent pas forcément de travaux complémentaires, tant que des enjeux vulnérables n'y sont pas associés. Nous recommandons toutefois de préconiser des études complémentaires en cas de projet d'urbanisation dans des secteurs à proximité des zones identifiées comme présentant une prédisposition aux chutes de blocs et de pierres fortes ou moyennes.

On considèrera aussi l'ensemble des zones dont la pente est supérieure à 20° comme présentant un aléa faible. A ce sujet, il faut noter que les zones identifiées comme ayant une prédisposition faible, le sont dans les conditions de pente et de végétation actuelle. Toute modification altérant cet état (déboisement, talutage, non maîtrise de l'eau) pourrait aussi modifier le niveau de prédisposition. Il conviendra donc de prendre toutes les précautions qui s'imposent lors de la réalisation de travaux dans toutes les zones présentant un niveau de prédisposition, même faible.

Enfin, on notera que quelques sites potentiellement à risque n'ont pu être traités dans le cadre de cette étude, notamment parce que l'accès à certaines propriétés privées nous a parfois été interdit. Nous recommandons donc d'inclure dans l'étude fine de l'aléa à venir les quelques sites non observés qui se trouvent à proximité d'enjeux vulnérables.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Contextes du site d'étude	11
2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, CLIMATIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.....	11
2.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	12
2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE	12
2.3.1. Le Secondaire.....	13
2.3.2. Le Tertiaire	14
2.3.3. Le Quaternaire.....	15
3. Notions théoriques simplifiées.....	17
3.1. GRAVITE ET MECANIQUE DE LA RUPTURE	17
3.2. FACTEURS INTERVENANTS DANS LA CHUTE DE BLOCS	18
3.2.1. Les facteurs de prédisposition	18
3.2.2. Les facteurs de déclenchement	19
3.3. LES DIFFERENTS MODES DE RUPTURE / MECANISMES D'INSTABILITES	21
4. Méthodologie.....	23
4.1. IDENTIFICATION DES AFFLEUREMENTS PRESENTS DANS LES ZONES A FORTES PENTES	23
4.1.1. LA CARTE DES PENTES.....	23
4.1.2. LA CARTE DES ROCHES COHERENTES	24
4.1.3. L'ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AERIENNES	26
4.2. DETERMINATION DES NIVEAUX DE PREDISPOSITION DES CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENTS	26
4.3. CONTROLES DE TERRAIN	28
4.3.1. LA PHASE DE PREPARATION DE TERRAIN.....	28
4.3.2. La collecte d'informations sur le terrain	29
4.4. LE TRAITEMENT DES DONNEES	30
4.4.1. Archivage des données	30
4.4.2. Hiérarchisation des zones étudiées par niveau de prédisposition, définition des zones de propagation	30
4.4.3. Croisement zone de propagation et enjeux.....	30

5. Résultats et discussion	33
5.1. CARTE DE PREDISPOSITION AUX CHUTES DE BLOCS (ET DE PIERRES).....	33
5.2. CROISEMENT AVEC LES ENJEUX	34
5.3. IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELLEMENT SOUMIS AU RISQUE DE CHUTE DE BLOCS ET HIERARCHISATION	36
5.3.1. Identification des sites	37
5.3.2. Proposition de priorisation	37
5.4. EXEMPLES DE SECTEURS RETENUS	40
6. Conclusion	51
7. Bibliographie	53

Liste des illustrations

Illustration 1 - Carte du département de l'Eure.....	11
Illustration 2 - Localisation des différents bassins versants du département de l'Eure.....	12
Illustration 3 - Carte géologique simplifiée du département de l'Eure (d'après la carte géologique harmonisée).....	16
Illustration 4 - Schémas de principe de la mécanique de la rupture. A gauche représentation des forces en présence (le S correspond à σ) . A droite, représentation du critère de Morh-Coulomb. (Société Suisse de Géomorphologie, 2009).....	18
Illustration 5 - Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux, d'après LCPC (2004).....	20
Illustration 6 - Représentation des différents mécanismes d'instabilité.....	21
Illustration 7 - Zones couvertes par le MNT au pas de 1 mètre sur le département de l'Eure.....	23
Illustration 8 - Exemple de carte des pentes à partir du MNT 1m. On distingue très nettement les affleurements dans les tons violet-bleu.....	24
Illustration 9 - Carte des roches cohérentes du département de l'Eure.....	25
Illustration 10 - Exemple d'image aérienne permettant d'identifier des affleurements parfois masqués depuis le pied de versant (©GoogleEarth).....	26
Illustration 11 - Critères d'intensité et d'occurrence concernant les chutes de blocs.....	27
Illustration 12 - Niveaux de prédisposition obtenus en fonction d'une intensité et d'une occurrence données.....	27
Illustration 13 - Critères d'intensité et d'occurrence concernant les chutes de pierres.....	28
Illustration 14 - Carte de délimitation du département de l'Eure par bassins versants et sous-bassins.....	29
Illustration 15 - Organigramme méthodologique de l'étude.....	31
Illustration 16 - Résultats de la hiérarchisation des différentes zones de prédisposition aux risques chute de blocs (et pierres).....	33
Illustration 17 - Tableau récapitulatif de la vulnérabilité des enjeux dans les secteurs couverts par l'étude.....	34
Illustration 18 - Classification des enjeux sur l'emprise du département et leur niveau de prédisposition au risque.....	35
Illustration 19 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises.....	38
Illustration 20 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises : détail des zones bâties impactées par commune.....	39
Illustration 21 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises : détail des tronçons routiers impactés par commune.....	40
Illustration 22 - Cartographie de la prédisposition aux chutes de blocs à Manneville-sur-Risle (classification des pentes issues du MNT, zone de propagation potentielle).....	41
Illustration 23 - Représentation cartographique des enjeux potentiellement concernés par les chutes de blocs sur Manneville-sur-Risle.....	41
Illustration 24 - Photographies du secteur de Manneville-sur-Risle.....	42
Illustration 25 - Représentation cartographique des enjeux prédisposés au risque fort de chutes de blocs et carte des pentes sur la commune du Thuit.....	43
Illustration 26 - Exemple de pinacles rocheux situés à l'arrière de maisons d'habitation. Commune du Thuit.....	43
Illustration 27 - Exemple d'enjeux situés au pied d'affleurement de forte hauteur.....	44

Illustration 28 - Carte des pentes et zones de prédisposition sur Connelles	45
Illustration 29 - Photographie du secteur de Connelles.....	45
Illustration 30 - Paroi rocheuse dans une propriété à Merey (lieu dit Breuilpont)	46
Illustration 31 - Carte des pentes et secteurs prédisposés ; commune de Vernon.....	47
Illustration 32 - Exemple d'éléments rocheux à l'arrière d'un quartier résidentiel à Vernon.....	47
Illustration 33 - Représentation cartographique des enjeux concernés par les chutes de blocs de forte prédisposition (cercle rouge) sur la commune de Ivry la Bataille.....	48
Illustration 34 - Exemple de représentation des enjeux par niveau de prédisposition à Ivry-la-Bataille	48
Illustration 35 - Photographie d'une paroi rocheuse et d'un sous cavage dans une propriété privée à Ivry la Bataille (la butte Talbot)	49

1. Introduction

Le département de l'Eure est un large plateau, essentiellement au soubassement crayeux. Il a été au fil du temps entaillé, parfois profondément, par les vallées qui le traversent.

Cela a généré des reliefs marqués, avec de nombreux abrupts et par endroits la présence de falaises de plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

Ces abrupts, soumis à différents facteurs (prédisposition, déclenchement), génèrent des instabilités, se traduisant ponctuellement par l'occurrence de chutes de pierres, de blocs, voire d'éboulements.

Historiquement, et pour des raisons de transport, de protection et d'accès à l'eau, les zones urbanisées se sont implantées dans le fond des vallées. La croissance de l'urbanisation des XIXe et XXe siècles, ainsi que la périurbanisation de la fin du XXe siècle, qui se poursuit encore aujourd'hui a densifié l'habitat dans le fond des vallées.

Le fond de ces vallées encaissées étant relativement étroit, et soumis à un risque de crue, les constructions et les espaces de vie se trouvent de fait assez souvent à proximité des pieds de versant.

C'est pourquoi il existe une probabilité parfois importante que les instabilités de versant impactent les zones urbanisées situées en contrebas. Plusieurs cas ont d'ailleurs été recensés ces dernières années dans le département.

Aussi, dans le cadre de la mise en place du Schéma Départemental des Risques Majeurs, et dans le cadre de la prise en compte du changement climatique global pouvant amener à une augmentation de l'occurrence des instabilités, la DDTM de l'Eure a demandé au BRGM d'identifier les zones prédisposées à l'aléa chutes de blocs et éboulements, puis de croiser ces zones avec les enjeux recensés, afin de hiérarchiser les zones potentiellement à risque.

Les zones à enjeux présentant une prédisposition importante aux phénomènes de chutes de blocs et d'éboulements nécessiteront une cartographie de l'aléa à fine échelle, qui fera l'objet d'un second volet de cette étude ou d'une étude fine de l'aléa.

2. Contextes du site d'étude

2.1. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE, CLIMATIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

L'Eure est un département de Haute-Normandie situé dans le nord-ouest de la France. Il doit son nom à un des principaux cours d'eau qui le parcourt du sud vers le nord et s'étend sur une superficie de 6 030 km². Paysage de plateaux, il est situé en marge nord-ouest du Bassin parisien et délimité au nord par le département de la Seine-Maritime, à l'est par ceux de l'Oise, du Val d'Oise et des Yvelines, au sud par l'Eure-et-Loir et l'Orne et à l'ouest par le Calvados.

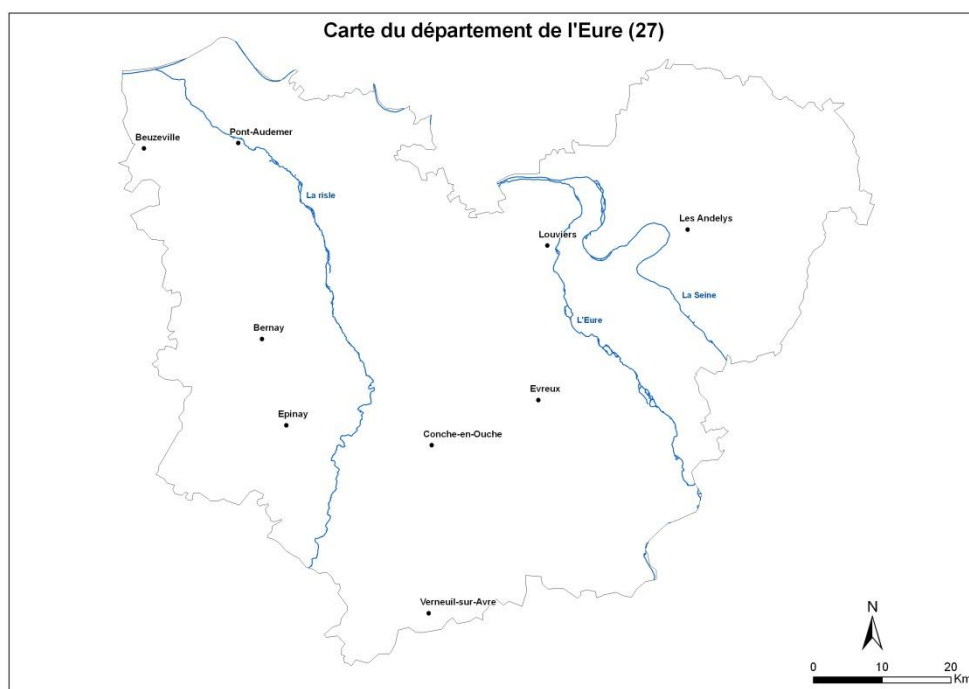


Illustration 1 - Carte du département de l'Eure

L'altitude moyenne du département de l'Eure approche des 150 mètres NGF¹, avec une altitude d'environ 250 mètres NGF pour les zones les plus élevées (notamment dans le sud de l'Eure aux abords du Perche) et une altitude proche du 0 NGF au nord-ouest du département, aux abords de l'estuaire de la Seine. Le plateau est profondément entaillé par plusieurs vallées. On notera la Seine, l'Eure, l'Iton, la Risle et la Charentonne qui coulent essentiellement du sud-est vers le nord-ouest ou du sud vers le nord, ainsi que l'Epte (qui marque la frontière avec l'Île de France à l'est) et l'Andelle, qui coulent du nord vers le sud.

Le département connaît un climat océanique. Les vents dominants proviennent de l'ouest. La pluviométrie annuelle moyenne est comprise entre 650 mm dans la région d'Evreux et 950 mm aux abords de l'estuaire de la Seine.

¹ Nivellement Général de la France

2.2. CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le département est marqué par un réseau hydrographique très peu dense. L'écoulement y est géré par une activité karstique intense. Les conduits karstiques sont influencés par la fracturation et les résurgences sont nombreuses le long des vallées qui traversent le département. Certaines de ces rivières peuvent perdre une partie de leur débit voire s'assécher en période d'étiage. On dénombre d'ailleurs quelques vallées sèches, comme *l'Iton sec*, issues de pertes karstiques des cours d'eau, parfois sur de grandes distances.

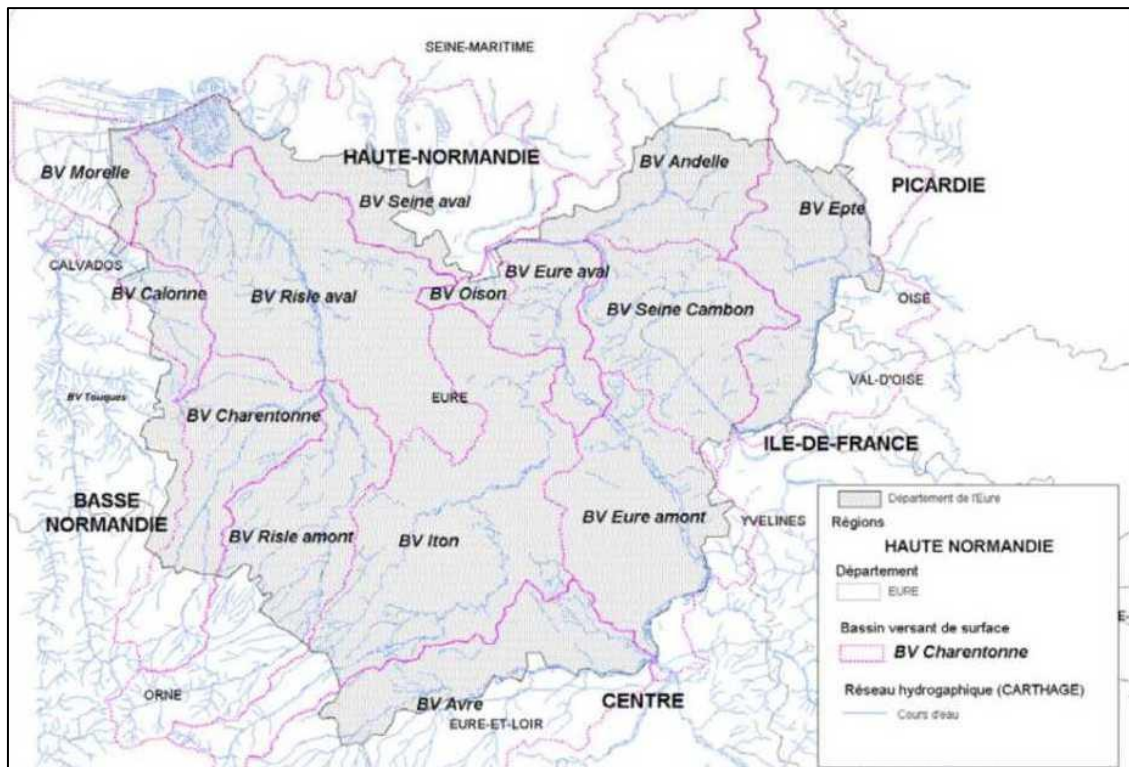


Illustration 2 - Localisation des différents bassins versants du département de l'Eure

La nappe de la craie est le principal réservoir du département. La craie qui la constitue est une roche carbonatée provenant des dépôts de microorganismes marins. Celle-ci peut comporter de nombreux accidents (faille, plis, etc.) et est soumise à l'altération, qui dans certains cas forme des réseaux karstiques. Le comportement hydraulique de l'aquifère peut alors varier d'un milieu poreux à perméabilité matricielle (fluctuation lente), à celui d'un milieu de type micro-fissuré à karstique dans lequel les fluctuations peuvent être rapides (BRGM, 1999). Le sens de circulation des eaux souterraines dans les zones crayeuses s'effectue depuis les plateaux vers la vallée avec une composante dominante depuis les plateaux du Sud-Ouest du département vers les vallées de la Seine et de l'Eure. Les autres aquifères s'écoulent essentiellement suivant leur pendage (Duriez M. et al., 2008). L'épaisseur de cet aquifère (zone saturée et non saturée) est d'une cinquantaine de mètres au Sud-Ouest de la région à plus de deux cent mètres dans la majorité du territoire et atteint la hauteur maximale de trois cent mètres dans le Vexin (Equilbey E. et al, 2004).

2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE

La morphologie de plateaux creusés par quelques vallées encaissées, est une caractéristique de la géologie, très homogène, du département même si la stratigraphie évolue à proximité des

limites départementales ouest et est. La craie est le composant principal de la stratigraphie départementale.

Dans le détail, on distingue d'ouest en est (soit de la frange vers le centre du bassin de Paris) et de bas en haut (du plus ancien au plus récent) dans la stratigraphie, les terrains suivants :

2.3.1. Le Secondaire

Le Jurassique supérieur

Les terrains du Jurassique supérieur affleurent, dans le département de l'Eure, uniquement dans la vallée de la Calonne. C'est la partie supérieure de la série du Malm qui est présente ici, à savoir les Sables de Glos datés de l'Oxfordien et les argiles et calcaires du Kimméridgien.

Le Crétacé inférieur

La limite départementale de l'Eure est sub-parallèle à la cuesta des terrains du Crétacé qui se trouve dans le département du Calvados (hors vallée de la Calonne), le long de la vallée de la Touques. La base de l'Albien (n_7) est caractérisée par des sables ferrugineux qui affleurent sur quelques mètres et qui sont recouverts par un poudingue, puis, par plusieurs mètres d'argiles, les Argiles de Gault. L'Albien se termine par un niveau repère, la gaize, composée de marnes silteuses, parfois glauconieuses (Couëffé et Arnaud, 2007).

Le Crétacé supérieur

Le substratum de la majeure partie des plateaux de l'Eure est constitué par la puissante série des faciès crayeux du Crétacé supérieur (Cénomaniens – Turonien – Coniacien – Santonien – Campanien), traditionnellement découpés en trois groupes : une craie glauconieuse et sableuse jusqu'au Cénomaniens moyen, une craie grise argileuse jusqu'au Turonien moyen et une craie blanche à silex jusqu'à la fin du Crétacé supérieur (Lasseur, 2007).

Les affleurements de Crétacé supérieur sont relativement peu nombreux, et n'apparaissent qu'au niveau des ruptures de pentes localisées sur les versants des vallées. Sur les plateaux, les formations crayeuses sont recouvertes par une couche plus ou moins épaisse de Formations Résiduelles à Silex (RS), de faciès limoneux des Limons des Plateaux (LP) ou de dépôts tertiaires. En fond de vallée, les formations mésozoïques sont recouvertes par les complexes alluvionnaires (Fx-y).

Cette unité crayeuse, qui peut atteindre plus de 150 m de puissance, repose sur les faciès détritiques du Crétacé inférieur par l'intermédiaire d'une surface d'érosion.

Le Cénomaniens (c_1) dans l'Eure est classiquement représenté par deux faciès (par ordre stratigraphique) :

- *la Craie glauconieuse*, caractérisée par une craie grise glauconieuse à cordons de silex à la base, dont la proportion en glauconie se réduit vers le haut de la série ;
- *la Craie de Rouen* : craie de texture plus fine pouvant contenir des cordons de silex et quelques niveaux glauconieux.

Les faciès du Turonien (c_2) sont globalement caractérisés par une craie gris blanchâtre à grise, marneuse, noduleuse, généralement pauvre en silex. La teneur en argile peut atteindre 10 à 20 %, notamment dans sa partie inférieure.

Les craies sénoniennes (Coniacien (c₃) – Santonien (c₄) – Campanien (c₅)) correspondent à des craies plus massives, blanchâtres à jaunâtres, notamment dans le Coniacien où elles sont parfois dolomitisées. A l'affleurement, les craies sénoniennes sont marquées par de nombreuses diaclases verticales, selon une maille décimétriques (LCPC, 1969). Généralement, ce sont ces formations qui constituent les abrupts et les escarpements situés sur les versants.

L'ensemble de la zone crayeuse, formant un plateau de 150 m d'altitude en moyenne, est recouvert d'un manteau d'altérites à silex, sub-autochtones (les Formations Résiduelles à silex), formées par décarbonatation de la craie.

2.3.2. Le Tertiaire

Le Tertiaire affleure dans la partie orientale du département de l'Eure, en limite avec les départements de l'Oise, du Val-d'Oise, des Yvelines et de l'Eure-et-Loir, il forme des buttes témoins dans la région de Gisors et le plateau de Madrie (synclinal de l'Eure).

Le Thanétien (e₃) correspond à la base du Tertiaire. Son extension géographique est limitée, dans l'Eure à la région de Gisors et à la limite avec les Yvelines. Ce sont des calcaires récifaux qui passent ensuite à des calcaires argileux.

L'Yprésien (e₄) fait suite au Thanétien. Il est représenté par deux faciès :

- *l'Yprésien inférieur (Sparnacien)* : Ce sont des argiles plastiques qui se trouvent vers la base des buttes témoins tertiaires et du plateau de Madrie ;
- *l'Yprésien supérieur* : représenté par les sables du Cuisien qui consistent en des sables argileux à fréquents galets de silex.

L'Yprésien est surmonté par le Lutétien (e₅), composé par une succession de niveaux calcaires parfois glauconieux et gréseux. Le Lutétien s'achève au niveau des Marnes et caillasses. Le Lutétien correspond au sommet des buttes témoins de la région de Gisors (Vexin normand). Sur le plateau de Madrie, la série se prolonge avec les dépôts du Bartonien.

Au Bartonien (e₆), ce sont les sables de Beauchamps qui entament la série. Ensuite, ce sont d'autres niveaux calcaires avec des intercalations marneuses qui recouvrent les sables, avec les calcaires et marnes de Saint-Ouen et calcaires de Septeuil ou Champigny.

Au Stampien (g₁), les argiles vertes de Romainville recouvrent l'ensemble et sont suivies par la série des calcaires de Brie ou de Sannois. Les argiles affleurent localement sur la surface du plateau de Madrie. Les marnes à *ostrea* recouvrent ensuite les argiles localement.

Les sables de Fontainebleau terminent la série tertiaire de l'Eure, au sommet d'une butte témoin qui traverse les communes de Villegats et de Villiers-en-Désœuvre et se prolonge dans les Yvelines.

Après l'émersion des terrains, au Pliocène, les plateaux dans les environs de la vallée de la Seine et de l'Eure (plateau de Madrie, Sud du Vexin et Nord d'Evreux jusqu'à la plaine de Neubourg) ont été recouverts par un placage de dépôts fluviatiles issus d'un grand fleuve (correspondant à un énorme paléo-fleuve Loire-Seine) qui provenait du Massif Central et se dirigeait vers le Nord-Ouest entre Dieppe et Fécamp. Ce sont les sables de Lozère, qui correspondent à des sables grossiers contenant de l'argile.

2.3.3. Le Quaternaire

L'ensemble de ces formations a subi les glaciations successives. Les plateaux ont été recouverts par des loëss (dépôts éoliens, LP) pendant les périodes froides et les vallées ont été creusées au fur et à mesure de l'enfouissement des rivières, laissant des terrasses fluviales successives (complexe alluvionnaire Fx-y-z). Lors des périodes de réchauffement, la glace fondant, les limons ont été remaniés pour être colluvionés dans les vallées (CV). Le Quaternaire a façonné le paysage jusqu'à son apparence actuelle.

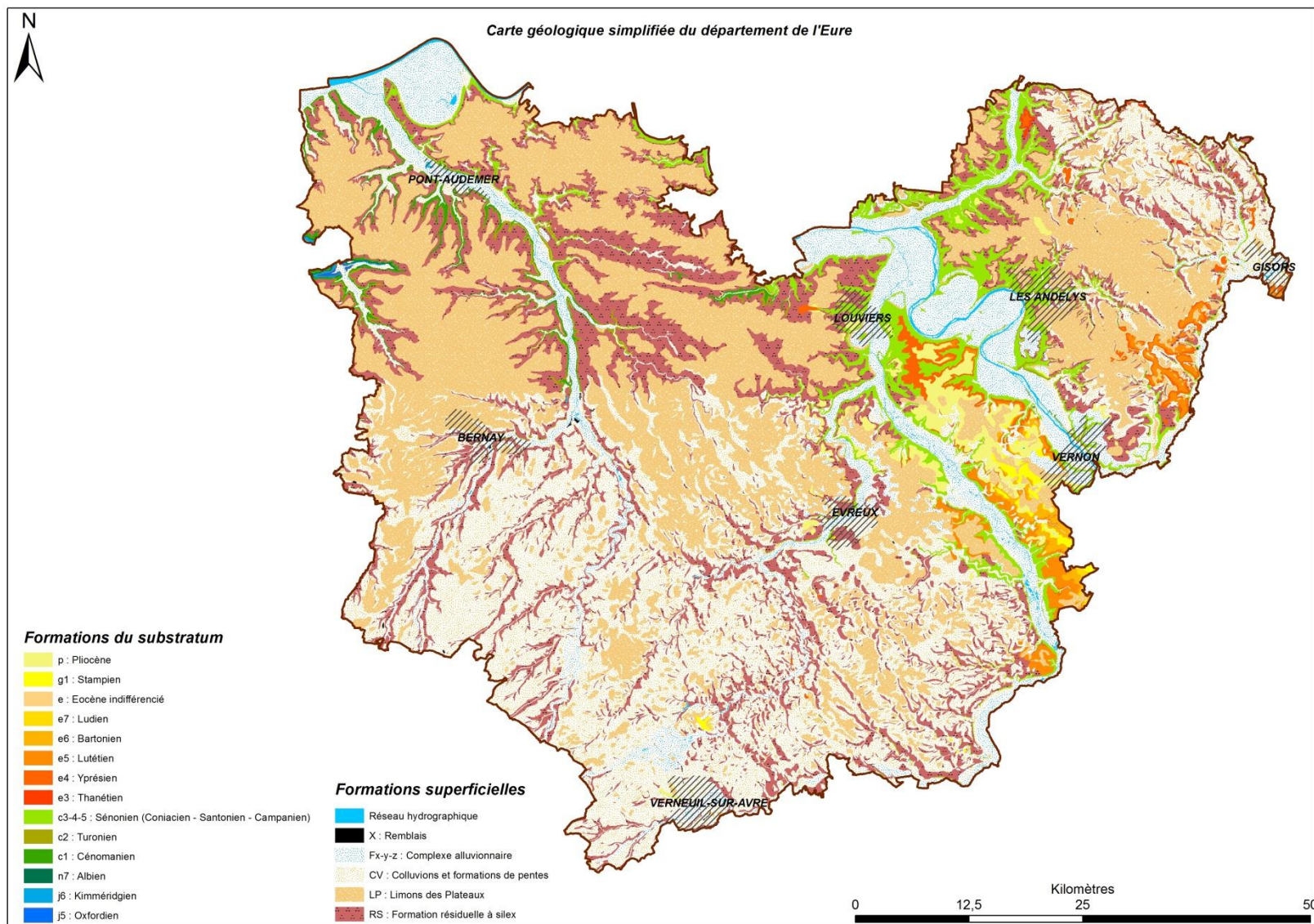


Illustration 3 - Carte géologique simplifiée du département de l'Eure (d'après la carte géologique harmonisée)

3. Notions théoriques simplifiées

Les chutes de blocs, de pierres, les éboulements et les écroulements sont des mouvements gravitaires avec rupture brutale. Ces mouvements sont toujours liés à une situation de déséquilibre gravitaire entraînant un réajustement.

Les chutes de pierres (volume inférieur à 1 dm³) ou de masses rocheuses de petite taille 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 de l'abrupt en amont).

Les chutes de blocs correspondent à un mécanisme gravitaire se manifestant de manière rapide et brutale, et qui affecte des matériaux rigides et fracturés. Il concerne principalement les affleurements rocheux, souvent redressés, voire subverticaux. Les éléments éboulés sont des blocs (volume allant parfois jusqu'à 100 m³). Le volume de l'éboulement ne dépasse toutefois généralement pas quelques dizaine de m³. (*Vincent et al., 2001*).

Concernant les éboulements et les écroulements, il s'agit, dans les deux cas de la chute d'une masse rocheuse d'un volume important pouvant représenter jusqu'à plusieurs millions de mètres-cubes de matériel. La distinction entre un éboulement et un écroulement se base surtout sur le volume. On parle d'éboulement quand le volume éboulé est compris entre 100 m³ et 100 000 m³. Au-delà de 100 000 m³ on parle alors d'écroulement. Pour distinguer ces deux phénomènes, on peut aussi se baser sur la distance d'épandage. En effet, si cette distance est importante par rapport à la hauteur de chute, on parle d'écroulement (*Société Suisse de Géomorphologie, 2009*).

3.1. GRAVITE ET MECANIQUE DE LA RUPTURE

Un mouvement de terrain affectant un versant est préparé au cours d'une période plus ou moins longue, au cours de laquelle les forces résistantes permettant le maintien du versant, s'atténuent progressivement. Cette diminution s'effectue au cours d'évènements variables selon le type de matériaux et la nature du lieu (gel/dégel, évènements météoriques et leurs conséquences, secousses sismiques, ravinement en base de versant lors d'une crue, actions anthropiques...). Au cours de cette période, aucune manifestation de déséquilibre n'est visible ; jusqu'à ce qu'un ultime évènement ne lui fasse franchir un seuil au-delà duquel les forces de gravité, entraînant une masse de matériaux vers la pente, soient devenues supérieures aux forces résistantes assurant sa stabilité. C'est alors qu'a lieu le mouvement de terrain.

Cette évolution progressive du versant jusqu'au déclenchement du mouvement de terrain peut être exprimée par le rapport entre deux contraintes opposées matérialisées par deux forces en présence. La première, dite force de gravité qui constitue l'ensemble des forces favorisant le mouvement du versant, s'oppose à la seconde dite force résistante qui maintient l'équilibre du versant. Selon les conditions intrinsèques du matériel concerné (caractères géotechniques, pente, surcharge ou allègement local...) et les évènements influents (précipitations, gel, secousses...), le rapport entre les forces en présence peut évoluer. La stabilité du versant perdure tant que la force résistante est supérieure à la force motrice. Dès qu'elle devient plus faible, passant en-dessous du seuil de stabilité, la masse concernée décroche de son support et se met en mouvement.

On peut considérer que ce comportement suit le critère de rupture de Coulomb : $R = c + \sigma \tan \alpha$, où R est la résistance au cisaillement, c la cohésion, σ la contrainte normale et α l'angle de frottement interne (GEO, 2005). Les paramètres R et α se déterminent par des essais de cisaillement.

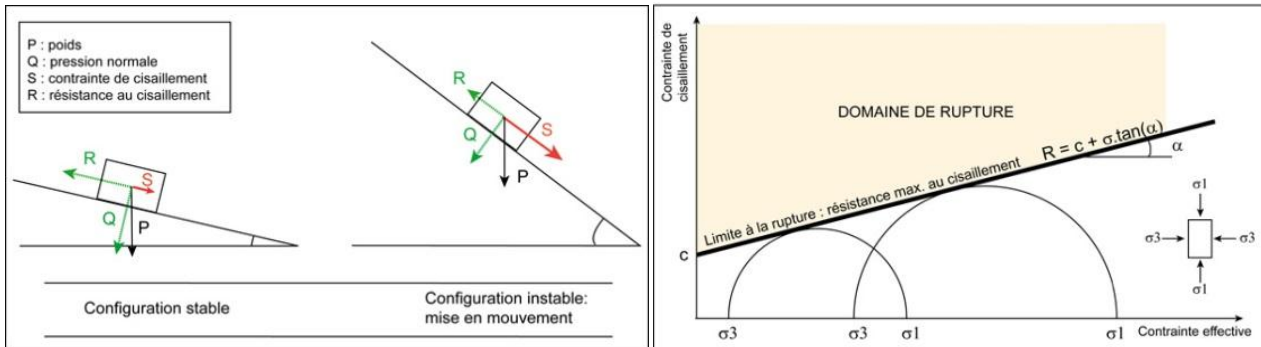


Illustration 4 - Schémas de principe de la mécanique de la rupture. À gauche représentation des forces en présence (le S correspond à σ). À droite, représentation du critère de Mohr-Coulomb. (Société Suisse de Géomorphologie, 2009)

3.2. FACTEURS INTERVENANT DANS LA CHUTE DE BLOCS

Chaque mouvement de terrain peut être considéré comme le 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, séparent les périodes brèves de déséquilibre. Le déclenchement du mouvement de terrain est toujours lié à une situation de déséquilibre gravitaire entraînant un réajustement. Les facteurs du déséquilibre sont de différentes natures : présence d'eau d'imbibition, conditions géologiques particulières (lithologie, relief, secousse sismique, etc.), climat.

3.2.1. Les facteurs de prédisposition

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 (Marcot et Girard, 2013) :

- ♦ **Une topographie²** 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 :**
 - La lithologie³. 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

² Se dit de la disposition ou du relief d'un lieu

³ Nature des roches d'une formation géologique

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.

- 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).
- L'histoire du versant (l'érosion, la mise en place de sous-cavages).

3.2.2. Les facteurs de déclenchement

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 naturels favorisant le déclenchement d'un événement sont nombreux (Illustration 5).

- ◆ **Le climat** : il joue un rôle important dans le déséquilibre des versants, surimposant son action aux autres causes potentielles.
 - **Le régime climatique général.** Il influence la stabilité des versants par ses composantes hydriques et thermiques et leurs conséquences sur les propriétés mécaniques des sols.
 - Les causes thermiques : 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.
 - Les causes hydriques : 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.
 - **Les événements saisonniers.** L'alternance de périodes pluvieuses et sèches constitue un agent climatique déterminant sur les déséquilibres des versants.
- ◆ **Les causes mécaniques :**
 - Sismicité/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*).
 - 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	Altération matricielle Destruction de ponts rocheux Altérations 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 et pont 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 5 - Principaux processus d'évolution des compartiments rocheux, d'après LCPC (2004)

- ♦ **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.

3.3. LES DIFFERENTS MODES DE RUPTURE / MECANISMES D'INSTABILITES

Les caractéristiques des plans de discontinuités et du massif rocheux définissent des modes de ruptures différents. On peut ainsi distinguer cinq grandes familles d'instabilité (Illustration 6, d'après Frayssines, 2005).

- ♦ Les Glissements
 - Le glissement plan (A1) : Il se produit sur un plan ou une famille de plan.
 - Le glissement de dièdre (A2) : il se produit sur deux plans ou deux familles de plans.
 - Le glissement composé (B) dans lequel plusieurs blocs glissent dans des directions différentes.
 - Le glissement rotationnel (C) : il se produit en terrain meuble ou dans des milieux rocheux très fracturés. La surface de rupture n'est pas guidée par une ou deux familles de fractures, mais par un réseau complexe de discontinuités. Elle est approximativement de forme circulaire.
- ♦ Les ruptures de surplombs ou de dalles en toit (D) sont un détachement des masses rocheuses surplombantes dans le vide.
- ♦ Les ruptures de banc (E) impliquent la déformation d'une couche inclinée. Elles interviennent lorsque les couches sont parallèles au versant.
- ♦ Les mécanismes de rupture en pied (F) sont des processus progressifs de déplacement du centre de gravité d'une colonne.
- ♦ Les basculements (G) (basculement d'un bloc monolithique ou fauchage). Ces mécanismes se produisent généralement lorsque des discontinuités subverticales découpent le massif et individualisent ainsi des colonnes. Ils peuvent être favorisés par un sous-cavage en pied.

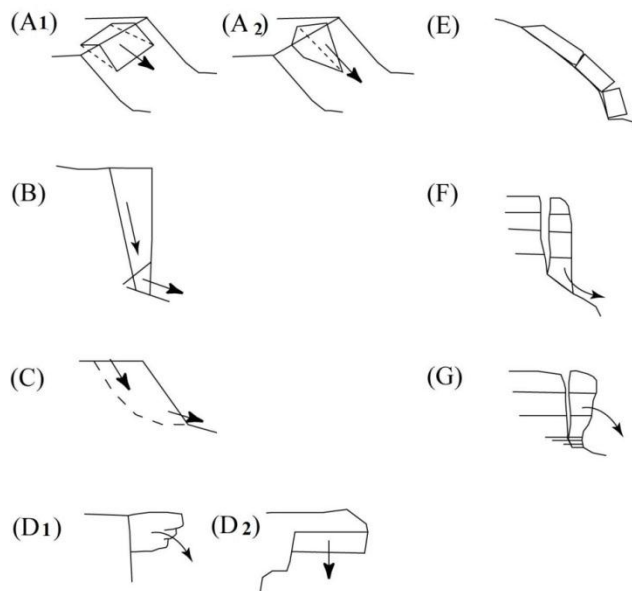


Illustration 6 - Représentation des différents mécanismes d'instabilité

Ces différents mécanismes de rupture peuvent être indépendants les uns des autres mais peuvent aussi être combinés.

4. Méthodologie

4.1. IDENTIFICATION DES AFFLEUREMENTS PRESENTS DANS LES ZONES A FORTES PENTES

4.1.1. LA CARTE DES PENTES

La pente des versants constitue un facteur de prédisposition déterminant dans la chute de blocs. C'est pourquoi, dans un premier temps, il faut constituer une carte des pentes. Celle-ci est réalisée avec les données d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT). Ce dernier est formé à l'aide de données d'altitude.

La carte des pentes a été réalisée dans un premier temps avec un MNT au pas de 25 m, puis par la suite, avec un MNT au pas d'un mètre à l'aide de données LIDAR (télé-détection par laser) fournies par la DREAL (ne couvrant que partiellement le département, Illustration 7). Ces données sont brutes et nécessitent un traitement pour obtenir la carte des pentes sur le département de l'Eure.

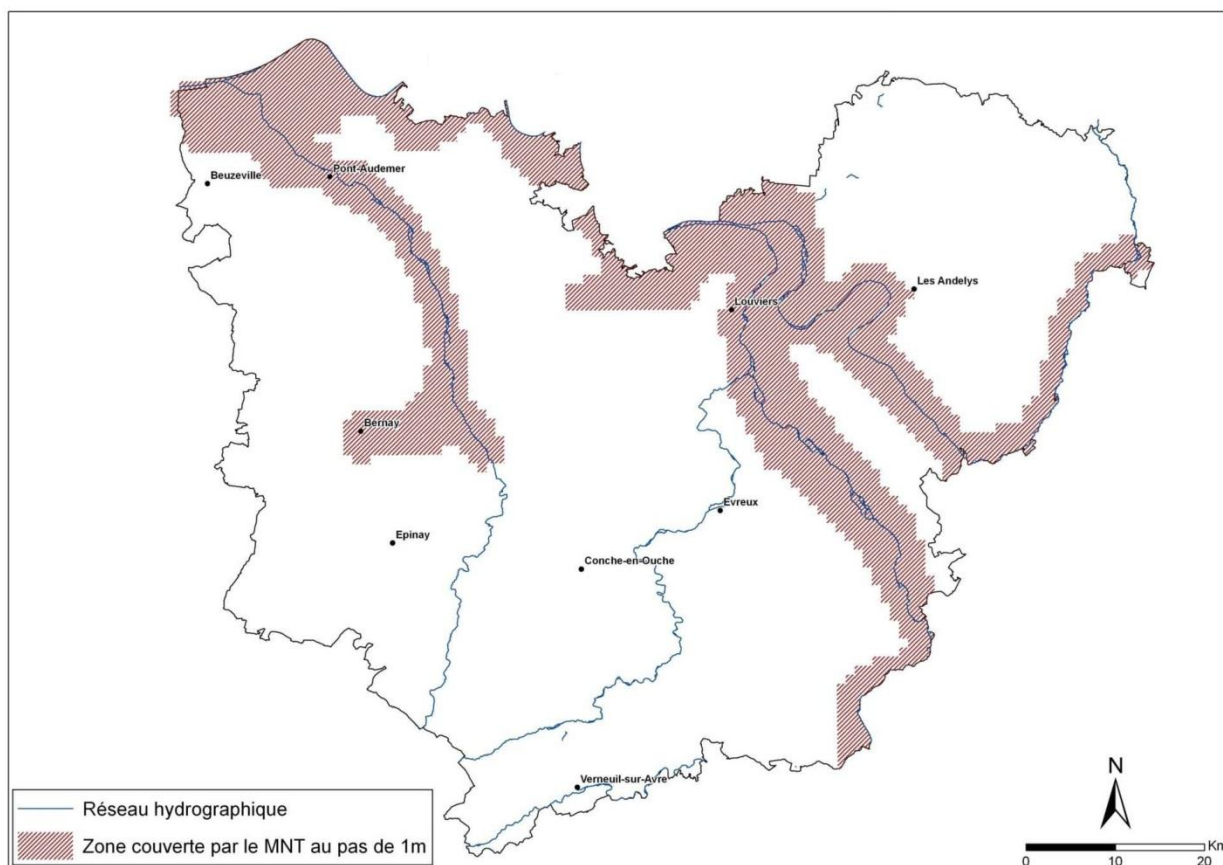


Illustration 7 - Zones couvertes par le MNT au pas de 1 mètre sur le département de l'Eure

Après conversion des données (.ASC) en format raster, puis géoréférencement (RGF93), elles sont rassemblées en plusieurs dalles (une dalle représente une surface d'un mètre sur un mètre, il y en a environ 2500) en une mosaïque. A partir de cette mosaïque lissée, il est possible de créer la carte des pentes. Bien que le MNT au pas d'un mètre soit extrêmement

précis, il ne couvre pas l'ensemble du territoire de l'Eure, il a donc été nécessaire de travailler en parallèle avec celui au pas de 25 mètres.

La réalisation de la carte de prédisposition à la chute de blocs se base sur le fait que les événements récents de chutes de blocs en Haute-Normandie se sont tous produits sur des pentes supérieures à 20°. C'est pourquoi une carte des pentes a été réalisée. Cinq classes (<20°, entre 20 et 30°, entre 30 et 40°, entre 40 et 50°, >50°) ont permis de définir des pentes faibles, moyennes, fortes, très fortes et extrêmes. Cette carte a pour but d'identifier les zones d'affleurement potentiel (parois rocheuses). Les classes de pentes peuvent cacher des disparités ; des investigations de terrain sont donc nécessaires pour vérifier la qualité de l'information concernant les zones exposées.

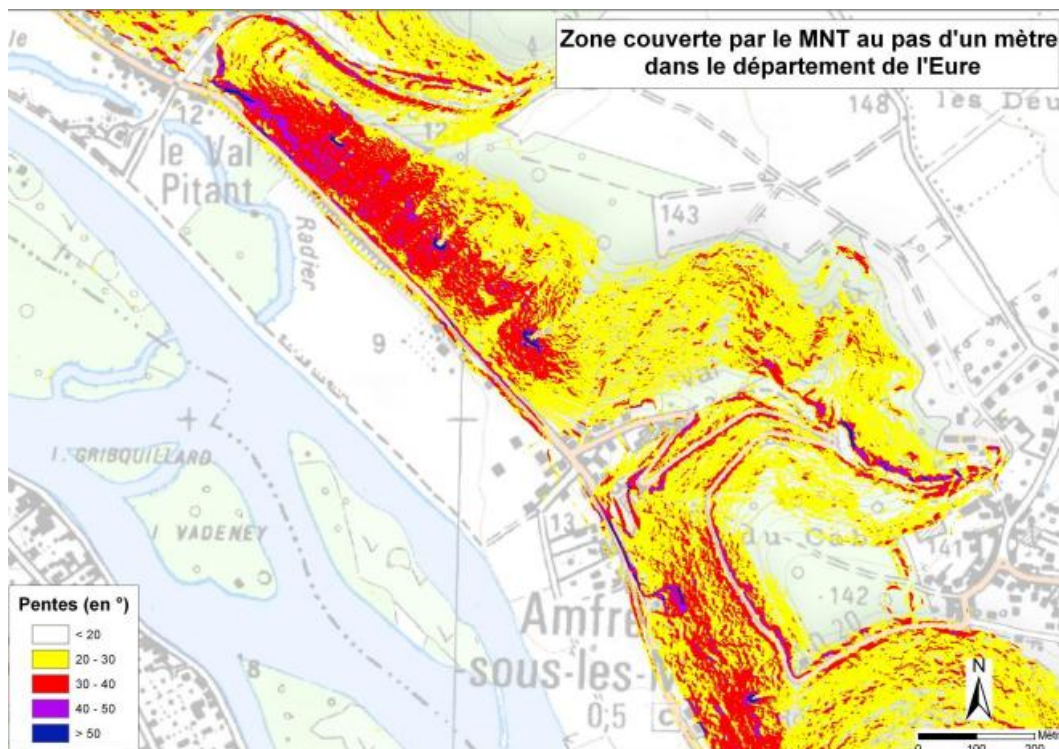


Illustration 8 - Exemple de carte des pentes à partir du MNT 1m. On distingue très nettement les affleurements dans les tons violet-bleu

4.1.2. LA CARTE DES ROCHES COHERENTES

Afin de préciser les zones susceptibles de générer des blocs, une carte des roches cohérentes (de forte résistance mécanique) a été réalisée à partir de la carte géologique harmonisée de l'Eure (Van Lint et al., 2003) puis, superposée à la carte des pentes.

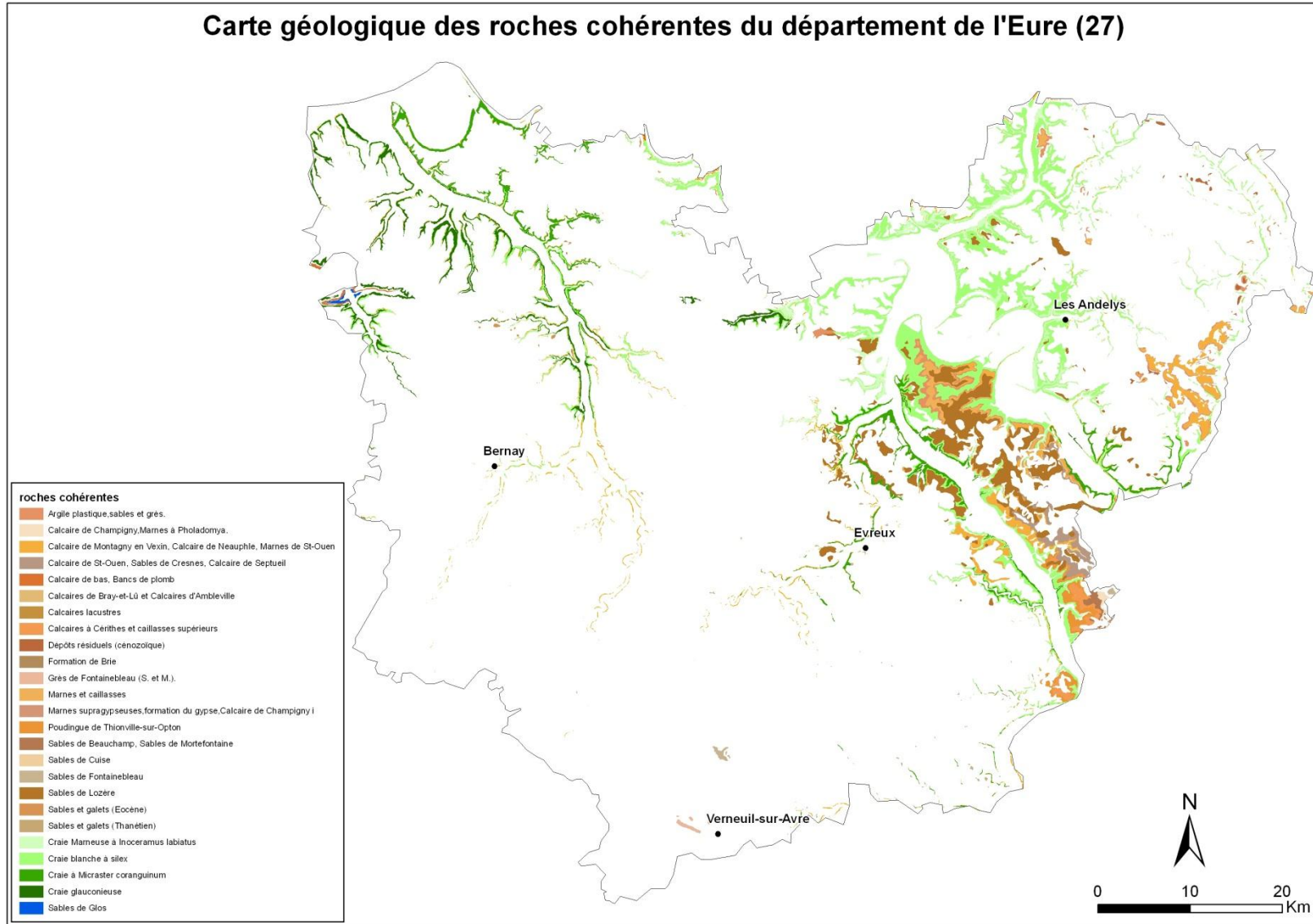


Illustration 9 - Carte des roches cohérentes du département de l'Eure

Il existe ainsi une concordance entre la carte des pentes et la carte des roches cohérentes. En effet, les affleurements de roches dures (ici majoritairement de la craie, en vert sur l'illustration 9) se trouvent au niveau des fortes pentes, le long des cours d'eau, par l'incision de ceux-ci lors de la formation des vallées. A noter, à la marge, que certaines formations de sables (formations meubles) ont été intégrées à cette carte car ils contiennent des niveaux de grésification (niveaux indurés).

4.1.3. L'ANALYSE DE PHOTOGRAPHIES AERIENNES

Suite à la réalisation de la carte des pentes, une première vérification sur certaines zones a été effectuée grâce à l'exploitation de photographies aériennes provenant de Google Earth. Cela permet de mieux appréhender la zone d'étude et de faire une première vérification de la classification des pentes réalisée avec des données du MNT.

Par la suite, l'utilisation de Google Earth (Illustration 10) a permis de repérer la présence d'affleurements dans des endroits où ils n'ont pu être observés sur le terrain, à cause d'une végétation trop importante ou d'un accès difficile (voire impossible).



Illustration 10 - Exemple d'image aérienne permettant d'identifier des affleurements parfois masqués depuis le pied de versant (©GoogleEarth)

4.2. DETERMINATION DES NIVEAUX DE PREDISPOSITION DES CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENTS

La prédisposition aux chutes de blocs et de pierres est déterminée à partir de critères liés à deux composantes : l'intensité et la probabilité d'occurrence.

L'intensité traduit l'importance d'un phénomène. Elle est déterminée par la hauteur du versant (noté h dans le tableau suivant), le type de zone de réception et la taille des blocs.

L'occurrence traduit une apparition dans le temps et/ou dans l'espace. Elle est déterminée par l'état et le type de fracturation du massif et par la multiplicité des blocs mobilisables.

L'estimation de la prédisposition aux chutes de blocs a été classée en cinq niveaux. Les critères déterminant le type d'intensité et d'occurrence sont détaillés ci-après.

	Intensité	Occurrence
Très Forte	Caractéristiques des intensités et occurrences fortes, avec de forts enjeux à proximité, un volume exceptionnel mobilisé (>1000m ³) et des instabilités visibles	
Forte	<ul style="list-style-type: none"> - Versant h>10 m - Zone de réception pentue - Taille des blocs ~100 m³ 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombreuses fracturations et instabilités (sous-cavages, surplombs, écailles désolidarisées) - Nombreux blocs sur le versant/au sol
Moyenne	- Versant h<5m : avec des fissures ouvertes dans la zone de départ	
	- Versant 5<h<10m : découpage en blocs susceptibles de s'ébouler	
	- Versant h>10m : avec formation rocheuse homogène et moyennement fracturée	
Faible	<ul style="list-style-type: none"> - Pente >20° : par défaut - Abrupt : h<3m - Zone de réception plane 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu ou pas de fracturation visible - Pas d'instabilité visible - Formation homogène - Peu ou pas de blocs en pied
Nulle à faible	<ul style="list-style-type: none"> - Pente 0<p<20° - Pas de falaise 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fracturation - Pas de bloc en pied

Illustration 11 - Critères d'intensité et d'occurrence concernant les chutes de blocs

A partir du tableau précédent, des niveaux de prédisposition aux chutes de blocs ont pu être déterminés comme l'indique le tableau suivant, qui confronte les niveaux d'intensité avec les niveaux d'occurrence.

Intensité \ Occurrence	Très forte	Forte	Moyenne	Faible	Nulle à faible
Très forte	Très forte	Très forte	Forte		
Forte	Très forte	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne
Moyenne	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne	Faible
Faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
Nulle à faible			Faible	Faible	Nulle à faible

Illustration 12 - Niveaux de prédisposition obtenus en fonction d'une intensité et d'une occurrence données

La lithologie des roches composant les versants du département de l'Eure peut aussi être à l'origine de chutes de pierres. Ce phénomène est différent de la chute de blocs dans la mesure où il est davantage basé sur la probabilité d'occurrence que sur l'intensité, toujours faible dans ce cas. C'est pourquoi, un tableau des niveaux de prédispositions aux chutes de pierres a aussi été établi.

	Intensité	Occurrence
Forte	N'entre pas en compte dans la chute de pierres	- Très nombreuses fracturations - Nombreuses pierre sur le versant et au sol - Lit de pierres apparent
Moyenne		- Présence de fracturation - Pierres en pied
Faible	- Pente > à 20° par défaut - Zone de réception plane	- Peu de fracturation - Peu ou pas de pierres en pied

Illustration 13 - Critères d'intensité et d'occurrence concernant les chutes de pierres

La chute de pierre n'a été cartographiée que lorsqu'elle présentait une probabilité d'occurrence significative.

Les notions d'intensité et d'occurrence ne sont estimables qu'à partir d'observations de terrain ; toutefois, le travail s'effectue sur des éléments visibles à dire d'expert. A part la hauteur de l'affleurement, il n'y a pas de mesures de prises (fracturation notamment) permettant d'identifier les dièdres potentiellement instables, ni la propagation. On ne peut donc en aucun cas considérer le travail réalisé comme une carte d'aléa, compatible avec une cartographie réglementaire.

Enfin, il faut noter que bien que non cartographié pour des raisons de lisibilité cartographique et aussi parce que peu identifié sur le terrain, l'ensemble des zones dont la pente est supérieure à 20° doit être considérée par défaut, comme une zone à prédisposition faible, notamment car si elles ne présentent pas nécessairement de phénomènes visibles actuellement, tous travaux, type terrassement, dans ces zones de pente, pourraient modifier l'équilibre actuellement existant et provoquer, à terme, des phénomènes de chutes de blocs ou de pierres.

4.3. CONTROLES DE TERRAIN

4.3.1. LA PHASE DE PREPARATION DE TERRAIN

Le découpage du secteur d'étude en vue des observations terrain a été déterminé à l'aide de la carte des pentes et divisé en fonction des bassins-versants et sous-bassins versants présents sur le territoire. Ce découpage a permis, en outre, d'ordonner et d'archiver de façon efficace l'ensemble des données récoltées sur le terrain (photos, fiches, cartes).

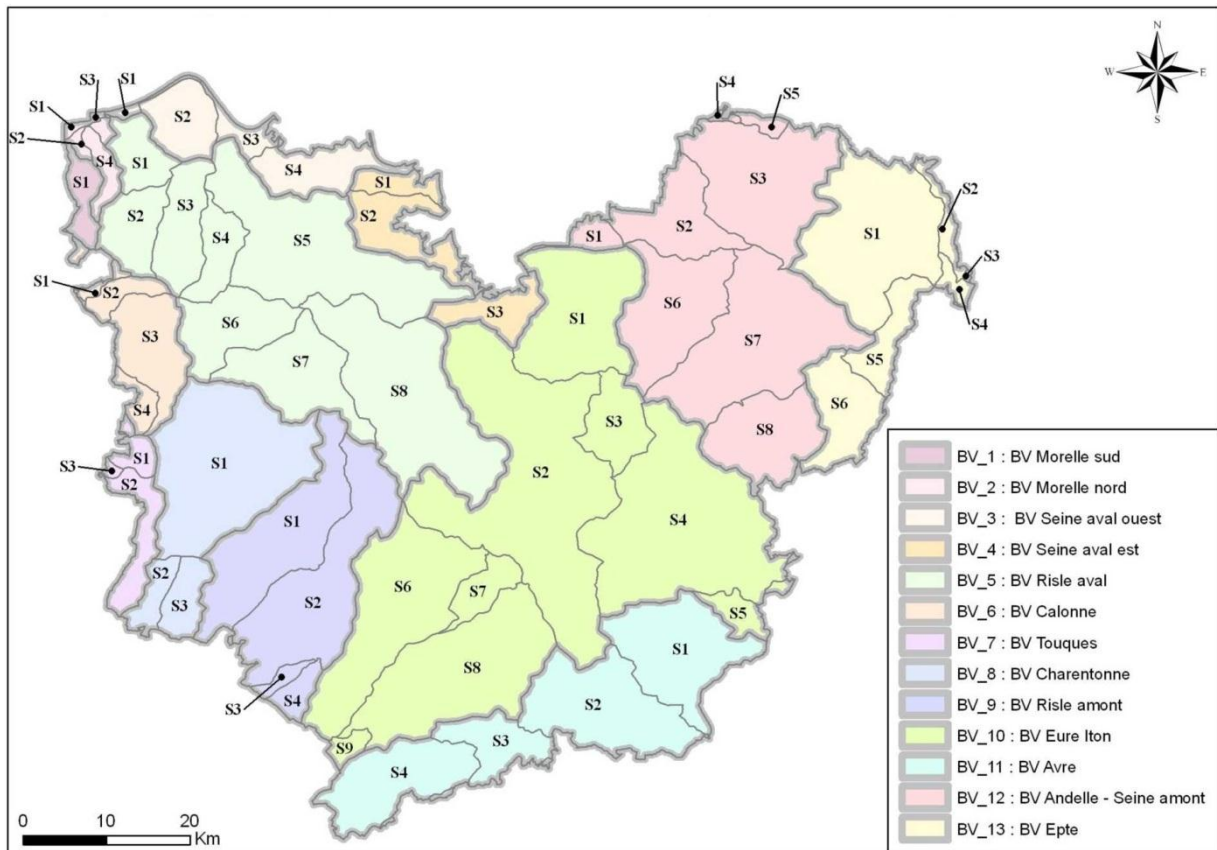


Illustration 14 - Carte de délimitation du département de l'Eure par bassins versants et sous-bassins

Une fiche descriptive de terrain a été également établie et renseignée pour chaque affleurement identifié. Cette fiche donne les informations indispensables à l'établissement des niveaux de prédisposition ainsi que des informations concernant le géoréférencement du site afin que tous les lieux visités puissent être intégrés au SIG.

4.3.2. La collecte d'informations sur le terrain

Une phase préliminaire de terrain a été effectuée pour vérifier la pertinence des résultats issus des différents traitements SIG pour constituer la carte des pentes issues du MNT, celle de la carte des roches cohérentes, ainsi que pour contrôler la pertinence des critères de prédisposition retenus et du contenu de la fiche descriptive (pour laquelle, de légères modifications ont été apportées).

Toutes les zones susceptibles de générer des chutes de blocs ou de pierres dans le département de l'Eure ont ensuite été prospectées. Comme vu précédemment, ces zones étudiées ont été préalablement délimitées à partir de la carte des pentes et du découpage par bassins versants et sous-bassins versants.

Lorsqu'un affleurement a été repéré, des photos ont été prises, quelques mesures ont été faites dans certains cas (dimension de cavité, distance de l'enjeu le plus proche, etc.), et une fiche descriptive a été réalisée. Une attention particulière a été portée à la hauteur d'affleurement, aux instabilités visibles, à la présence de surplomb et d'entrée de cavité en pied, à la fracturation et à l'altération, ainsi qu'à la présence d'enjeux à proximité.

4.4. LE TRAITEMENT DES DONNEES

4.4.1. Archivage des données

Une attention toute particulière a été accordée à l'archivage des données. Des répertoires portant le nom des bassins versants, des sous-bassins versants et des fiches descriptives ont ainsi été créés afin d'organiser l'ensemble des informations recueillies. Ce classement minutieux était très important au vu de la quantité de données amassées (photos, cartes, fiches). Il a constitué une pièce maitresse de l'étude et a facilité l'utilisation ultérieure de la base de données.

4.4.2. Hiérarchisation des zones étudiées par niveau de prédisposition, définition des zones de propagation

Le traitement des données a consisté à trier et hiérarchiser les zones de prédisposition aux chutes de blocs et éboulements de falaises. Les fiches descriptives de terrain ont permis alors de classer les zones étudiées selon les cinq niveaux de prédisposition à l'aléa prédéfinis. Lorsque celle-ci (prédisposition à l'aléa) a été définie comme étant très forte, forte ou moyenne et à proximité d'enjeux vulnérables, une étude d'aléa a été recommandée pour être réalisée dans le cadre du volet n°2 de l'étude ou d'une étude fine de l'aléa.

Toutes les données recensées lors de la campagne de terrain ont été intégrées dans un Système d'Information Géographique (SIG) sous ArcGis afin de réaliser une carte de la prédisposition aux chutes de blocs et éboulements de falaises du département de l'Eure.

Une première phase de digitalisation des polygones représentant les zones de prédisposition a été réalisée. Ces polygones recensaient diverses informations. Une table attributaire contenant les informations principales de chaque affleurement a été complétée et fait partie des données SIG jointes à ce rapport. Par ailleurs, des fiches descriptives (une par affleurement, en version scannée) et des photos ont été réalisées, et font l'objet des annexes hors texte au niveau du cd joint au présent rapport.

Chaque polygone représentant une « prédisposition » s'est vu ensuite associer une zone de propagation selon une méthode simple à ce stade. Celle-ci diffère selon l'inclinaison de la zone de réception ; soit pentue, soit plane. En cas de zone pentue, la zone de propagation correspond à la hauteur de l'affleurement multiplié par trois. En cas de zone plane, il a été choisi de multiplier la hauteur d'affleurement par un et demi (choix à dire d'expert basé sur la bibliographie existante). Il s'agit ici d'une première approche qui maximalise les zones de propagation, mais qui permet par la suite une prise en compte de l'ensemble des enjeux potentiellement impactés.

4.4.3. Croisement zone de propagation et enjeux

Une carte des enjeux sous SIG a été réalisée à partir des données IGN de la BD TOPO version 2. L'ensemble des données « enjeux » pertinentes (cf Illustration 17) ont été croisées (intersection) avec les polygones « zones de propagation » définis précédemment. Cette dernière étape a permis de recenser les zones à risque. La méthodologie mise en place afin de réaliser cette étude peut être résumée par l'organigramme suivant.

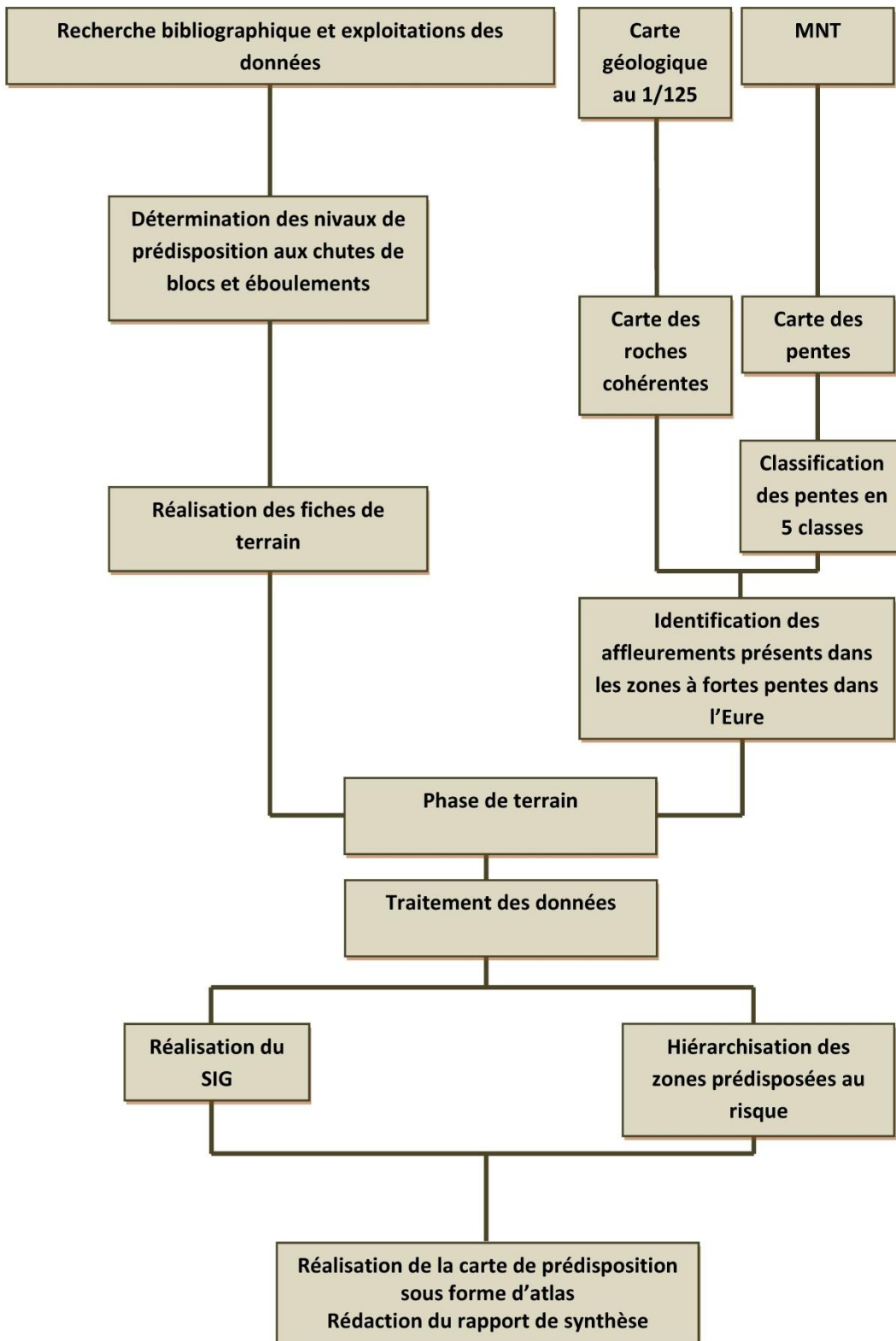


Illustration 15 - Organigramme méthodologique de l'étude

5. Résultats et discussion

5.1. CARTE DE PREDISPOSITION AUX CHUTES DE BLOCS (ET DE PIERRES)

A partir des données recueillies, la hiérarchisation des différentes zones de prédisposition aux risques a été établie selon les cinq niveaux précédemment décrits (cf. Illustration 12). Une étude fine d'aléa sera ultérieurement réalisée (lors du volet n°2 de l'étude) en fonction de la priorisation des zones prédisposées, en concertation avec les services de l'état.

Prédisposition (type)	Modalité	Effectif par modalité	Fréquence par modalité (%)
chute de blocs	très forte	0	0.0
	forte	32	17.9
	moyenne	43	24.0
	faible	15	8.4
	nulle à faible	47	26.3
	pas observé	42	23.5
	total	179	
Prédisposition (type)	Modalité	Effectif par modalité	Fréquence par modalité (%)
chute de pierres	très forte	0	0.0
	forte	12	6.7
	moyenne	37	20.7
	faible	33	18.4
	nulle à faible	55	30.7
	pas observé	42	23.5
	total	179	

Illustration 16 - Résultats de la hiérarchisation des différentes zones de prédisposition aux risques chute de blocs (et pierres)

Aucun des secteurs étudiés n'a révélé de prédisposition « très forte » au risque chutes de blocs sur le territoire. En revanche, 32 zones ont été qualifiées avec une prédisposition « forte ». 12 autres zones ont été également retenues au vu de la prédisposition forte à la chute de pierres. 42 zones présélectionnées (critère « pas observé ») lors de la phase d'analyse des pentes issues des données MNT, n'ont pu être qualifiées, soit pour un problème d'accès (propriétés privées), soit du fait de difficulté d'observation (zones boisées par exemple). Ces secteurs pourront être revus lors du volet 2 de l'étude, pour les quelques sites se trouvant à proximité d'enjeux vulnérables. Il s'agit toutefois de zones soit de faible hauteur dans les propriétés privées (et masquées par des maisons ou de la végétation pour lesquelles nous n'avons pas eu accès), soit de zones en forêt, qui ne recourent pas d'enjeux.

5.2. CROISEMENT AVEC LES ENJEUX

A partir de cette étape de hiérarchisation, un croisement sous SIG a été effectué pour repérer les secteurs prédisposés au risque chutes de blocs et éboulements de falaises qui impactent des zones à enjeu (données BDTOPO® version 2). Les enjeux ont été classés en fonction de leur vulnérabilité, selon le tableau suivant :

Tableau récapitulatif des enjeux, classés par vulnérabilité				
	4	3	2	1
	BATI	RESERVOIR	Autre BATI	ZONE VEGETATION
surfacique	Bati indifférencié Bâtiment industriel Mairie Bâtiment agricole Eglise Construction légère (cabanons, granges) Construction surfacique (pont, écluse...)	château d'eau réservoirs industriels réservoirs d'eau	terrain de sport cimetière	zones arborées
	Autre réseau	Réseau routier primaire et réseau ferré	Réseau routier secondaire	
linéaire	Piste aérodrome	Route à 1 chaussée Route empierrée Chemin Sentier Route à 2 chaussées Quai Ruines Tronçon ferré	Chemin Sentier	

Illustration 17 - Tableau récapitulatif de la vulnérabilité des enjeux dans les secteurs couverts par l'étude

Le croisement sur l'emprise du territoire, entre les zones de propagation et les objets « enjeux », n'ont pas individualisé de secteurs contenant des aérodromes, cimetières et réservoirs. Il en est de même pour le réseau ferré ou seule une voie de service non électrique a été mise en avant par le traitement SIG.

L'essentiel des enjeux concernés par une prédisposition au risque étudié est représenté, d'une part, par le bâti - 174 polygones classés en prédisposition forte aux chutes de blocs / éboulements de falaises (Illustration 18) – et, d'autre part, par le réseau routier primaire - 154 tronçons routiers fortement prédisposés à ce même risque. Le tableau suivant fait l'état de la totalité des enjeux concernés et leur niveau de prédisposition.

Bati (poids 4)	Type	Nombre polygones	%
Etudié Prédisposition à :	bati indifférencié	519	94.2
	Bâtiment industriel	27	4.9
	Mairie	3	0.5
	Bâtiment agricole	1	0.2
	Eglise	1	0.2
	Total	551	
Chute de blocs	FORT	174	32
	MOYEN	230	42
	NUL A FAIBLE	147	27
	Total	551	
Chute de Pierres	FORT	17	3
	MOYEN	270	49
	FAIBLE	70	13
	NUL	194	35
	Total	551	
Terrain de sport (poids 3)	Terrain de tennis	3	
Prédisposition à :			
Chute de blocs	FORT	1	33.3
	MOYEN	2	66.7
	Total	3	
Chute de Pierres	MOYEN	2	66.7
	NUL	1	33.3
	Total	3	
Réseau routier principal et réseau ferré (poids 3)	Type Réseau	Nombre polygones	
Prédisposition à :	Route à 1 chaussée	292	74.7
	Route empierrée	54	13.8
	Chemin	20	5.1
	Sentier	14	3.6
	Route à 2 chaussées	6	1.5
	Quai	2	0.5
	Ruines	2	0.5
	Voie de service ferrée non elec.	1	0.3
	Total	391	
Chute de blocs	FORT	154	39.4
	MOYEN	132	33.8
	NUL A FAIBLE	105	26.9
	Total	391	
Chute de Pierres	FORT	35	9.0
	MOYEN	157	40.2
	FAIBLE	67	17.1
	NUL	132	33.8
	Total	391	

Illustration 18 - Classification des enjeux sur l'emprise du département et leur niveau de prédisposition au risque

Réseau routier secondaire	Type réseau	Nombre polylignes	%
(poids 2)	Chemin	20	58.8
	Sentier	14	41.2
	total	34	
Prédisposition à :			
Chute de blocs	FORT	18	52.9
	MOYEN	7	20.6
	NUL A FAIBLE	9	26.5
	total	34	
Chute de Pierres	FORT	1	2.9
	MOYEN	14	41.2
	FAIBLE	5	14.7
	NUL	14	41.2
	total	34	
Végétation (poids 1)		Nombre polygones	%
Prédisposition à :	Zone arborée	387	
Chute de blocs	FORT	133	34.4
	MOYEN	174	45.0
	FAIBLE	1	0.3
	NUL A FAIBLE	79	20.4
	total	387	
Chute de Pierres	FORT	24	6.2
	MOY	162	41.9
	FAIB	36	9.3
	NUL	165	42.6
	total	387	

Illustration 18 (suite) : Classification des enjeux sur l'emprise du département et leur niveau de prédisposition au risque

5.3. IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELLEMENT SOUMIS AU RISQUE DE CHUTES DE BLOCS ET EBOULEMENTS DE FALAISES ET HIERARCHISATION

Les différents enjeux potentiellement soumis au risque de chutes de blocs et éboulements de falaises, listés ci-dessus, ont été regroupés par sites homogènes (un site = une seule commune et un seul affleurement homogène). A titre d'exemple, l'ensemble des bâtiments identifiés d'un même quartier, dont la prédisposition est issue d'un seul et même affleurement a été regroupé. Une hiérarchisation a ensuite été proposée.

A l'issue de ces travaux, on peut donc répartir les enjeux prédisposés au risque de chutes de blocs et éboulements de falaises.

5.3.1. Identification des sites

Parmi les enjeux les plus vulnérables, on distingue :

- 50 groupes de bâtiments distincts (pour un total de 404 polygones représentant des bâtiments dans la BdTopo), soumis à une prédisposition moyenne ou forte, répartis sur 27 communes ;
- 19 tronçons (ou groupes de tronçons) de routes ;
- 1 réservoir d'eau potable ;
- 18 tronçons de chemin.

A la suite de cette identification, une proposition de hiérarchisation peut être réalisée, en fonction du niveau de vulnérabilité de l'enjeu, et du niveau de prédisposition auquel il est soumis. Trois priorités peuvent ainsi être proposées.

Les cartes relatives aux sites identifiés sont disponibles en annexe hors texte, au 1/25 000 (CD ROM).

5.3.2. Proposition de priorisation

- **Priorité 1**

Elle concerne les enjeux à vulnérabilité forte, et soumis à une prédisposition forte au risque chutes de blocs et éboulements de falaises. Cela concerne 174 polygones de bâtiments de la BdTopo, que l'on peut répartir en **23 sites, situés sur 18 communes**. Pour ces sites, nous recommandons la réalisation d'une cartographie précise de l'aléa dans les meilleurs délais.

Parmi les communes les plus touchées, on peut citer :

- Vernon (26 bâtiments dans la zone de prédisposition forte ; 3 sites)
- La Roquette (21 bâtiments, 2 sites)
- Manneville-sur-Risle (21 bâtiments)
- Saint-Pierre-du-Vauvray (17 bâtiments)
- Pont-Audemer (17 bâtiments)
- Le Thuit (16 bâtiments)
- Les Andelys (9 bâtiments, 2 sites)
- Louviers (9 bâtiments)

Les autres communes concernées sont par ordre alphabétique : Beaumont-le-Roger, Brionne, Connelles, Evreux (2 sites), Giverny, Ivry-la-Bataille, Le Landin, Merey, Neuilly et Vatteville.

- **Priorité 2**

Elle concerne des enjeux à forte vulnérabilité (bâtiments), soumis à une prédisposition moyenne au risque chutes de blocs et/ou éboulements de falaises, ainsi que certains enjeux à vulnérabilité moyenne, mais soumis à une prédisposition forte face au risque considéré (routes, réservoir d'eau potable). Pour ces sites identifiés, nous recommandons aussi la réalisation d'une carte d'aléa à fine échelle.

On recense ici :

- 27 groupes de bâtiments,

- 19 tronçons routiers,
- 1 réservoir

- **Priorité 3**

Dix-huit tronçons de chemins, fortement prédisposés au risque de chute de blocs ou d'éboulement sont classés en priorité 3. Ils pourraient également si jugé utile (en fonction de leur fréquentation) faire l'objet d'une étude plus approfondie.

Les tableaux ci-dessous (Illustrations 19, 20 et 21) résument les sites jugés les plus sensibles face au risque chutes de blocs et/ou éboulements de falaises :

Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises	
Priorité 1	
Zone bâtie soumise à une prédisposition forte	23
Nombre de zones à investiguer prioritairement	23
Priorité 2	
Zone bâtie soumise à une prédisposition moyenne	27
Tronçon routier soumis à une prédisposition forte	19 (dont 10 recoupent partiellement ou totalement des zones bâties impactées)
Réservoir soumis à une prédisposition forte	1
Nombre de zones à investiguer en priorité 2	37
Priorité 3	
Chemin soumis à une prédisposition forte	18

Illustration 19 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises

Détail des zones bâties impactées par commune	
Commune	Nombre de bâtis impactés (selon bdtopo)
Priorité 1 : soumises à une prédisposition forte face au risque chutes de blocs / éboulements	
Vernon (3 sites)	27 (25+1+1)
La Roquette (2 sites)	21
Manneville-sur-Risle	21
Pont-Audemer	17
Saint-Pierre-du-Vauvray	17
Le Thuit	16
Evreux (2 sites)	11 (7+4)
Les Andelys (2 sites)	9 (5+4)
Louviers	9
Vatteville	6
Giverny	4
Le Landin	3
Beaumont-le-Roger	2
Brionne	2
Connelles	2
Ivry-la-Bataille	2
Merey	1
Neuilly	1
Total bâti soumis à une prédisposition forte	171
Priorité 2 : soumises à une prédisposition moyenne face au risque chutes de blocs / éboulements	
Caumont	95
Ivry-la-Bataille (3 sites)	41 (28+8+5)
Breuilpont	16
Ezy-sur-Eure (2 sites)	12 (9+3)
Les Andelys	11
Barneville-sur-Seine (3 sites)	10 (4+3+3)
Evreux (2 sites)	7 (4+3)
Amfreville-sous-les-Monts	5
Normanville	4
Saint-Philibert-sur-Risle (2 sites)	4 (2+2)
Vernon (3 sites)	4
Giverny (2 sites)	3 (2+1)
Brionne	2
Connelles	2
Cailly-sur-Eure	1
Le Landin	1
Saint-Mards-de-Blacarville	1
Total bâti soumis à une prédisposition moyenne	219

Illustration 20 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises : détail des zones bâties impactées par commune

Détail des tronçons routiers impactés par commune
Amfreville sous les Monts
Brionne
Connelles
Evreux (2 sites)
Ivry-la-Bataille
La Roquette/Le Thuit / Les Andelys
Le Landin
Louviers
Manneville-sur-Risle
Merey
Neuilly
Pont-Audemer
Romilly-sur-Andelle
Saint-Samson-de-la-Roque
Saint-Pierre-du-Vauvray
Vatteville
Vernon (2 sites)

Illustration 21 - Synthèse des enjeux soumis au risque de chutes de blocs et/ou d'éboulements de falaises : détail des tronçons routiers impactés par commune

5.4. EXEMPLES DE SECTEURS RETENUS

Parmi les 23 sites qualifiés avec une prédisposition « forte » au risque chute de blocs et contenant des enjeux de vulnérabilité forte, quelques exemples sont présentés ci-après, afin d'illustrer les résultats de la méthodologie mise en place via ces différents traitements SIG et investigations de terrain pour définir la prédisposition au risque dans des secteurs à enjeu vulnérable.

Ces sites qui mériteraient d'être intégrés dans le volet 2 de l'étude sont situés au niveau d'affleurements dont les pentes sont supérieures à 40° et présentent un risque « apparent » élevé.

Commune de Manneville-sur-Risle (BV5S4 n°1)

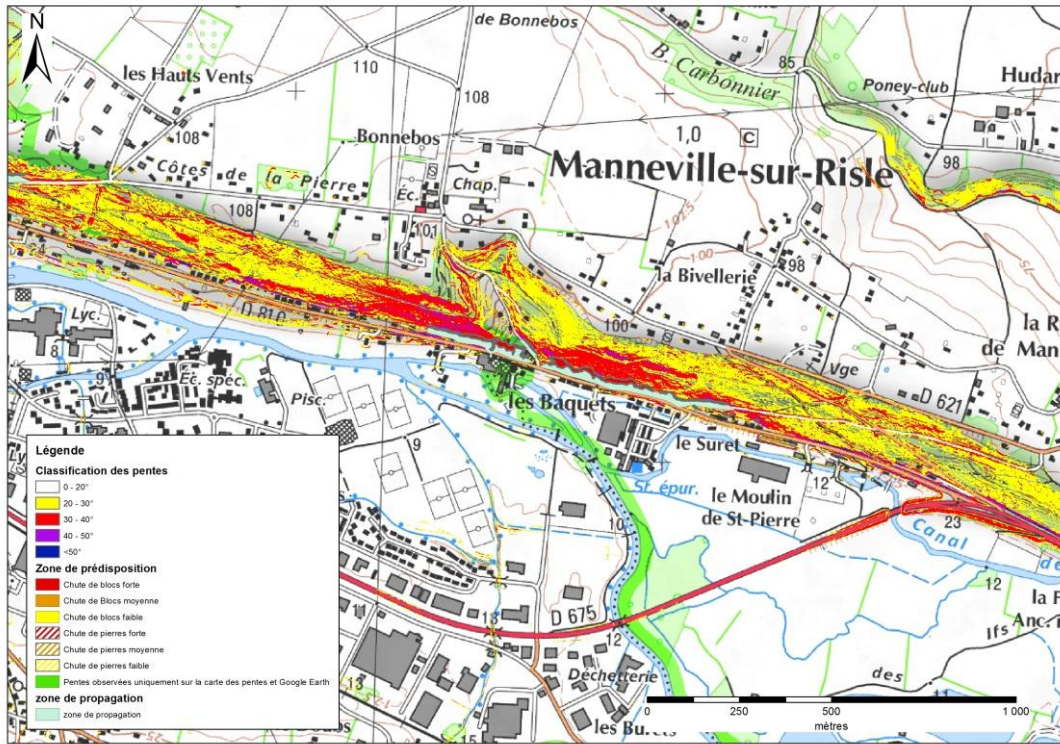


Illustration 22 - Cartographie de la prédisposition aux chutes de blocs à Manneville-sur-Risle (classification des pentes issues du MNT, zone de propagation potentielle)

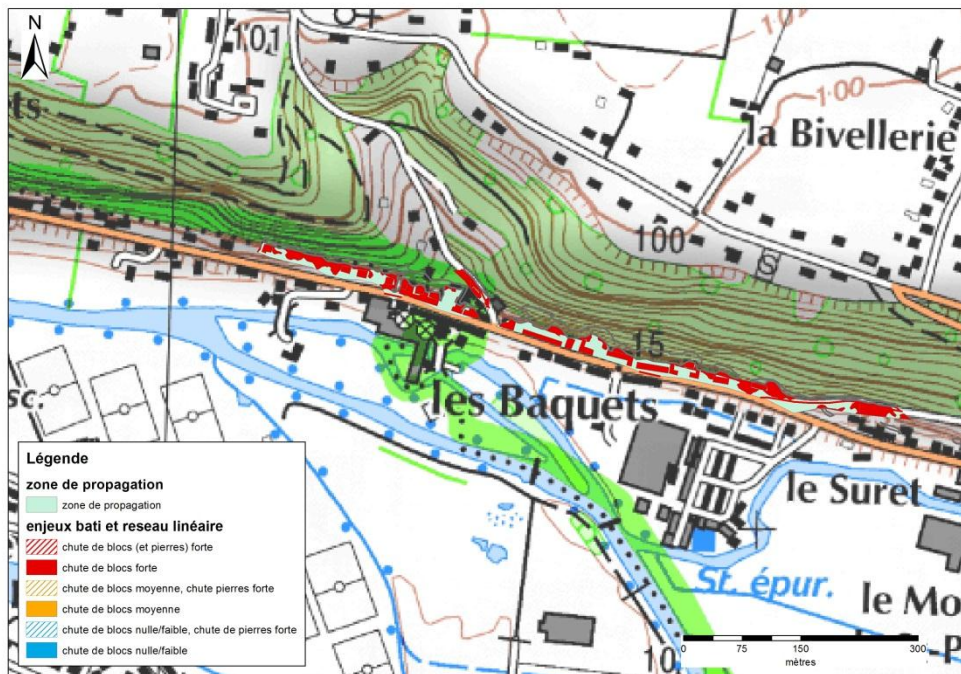


Illustration 23 - Représentation cartographique des enjeux potentiellement concernés par les chutes de blocs sur Manneville-sur-Risle



Illustration 24 - Photographies du secteur de Manneville-sur-Risle

Communes du Thuit (BV12S6)

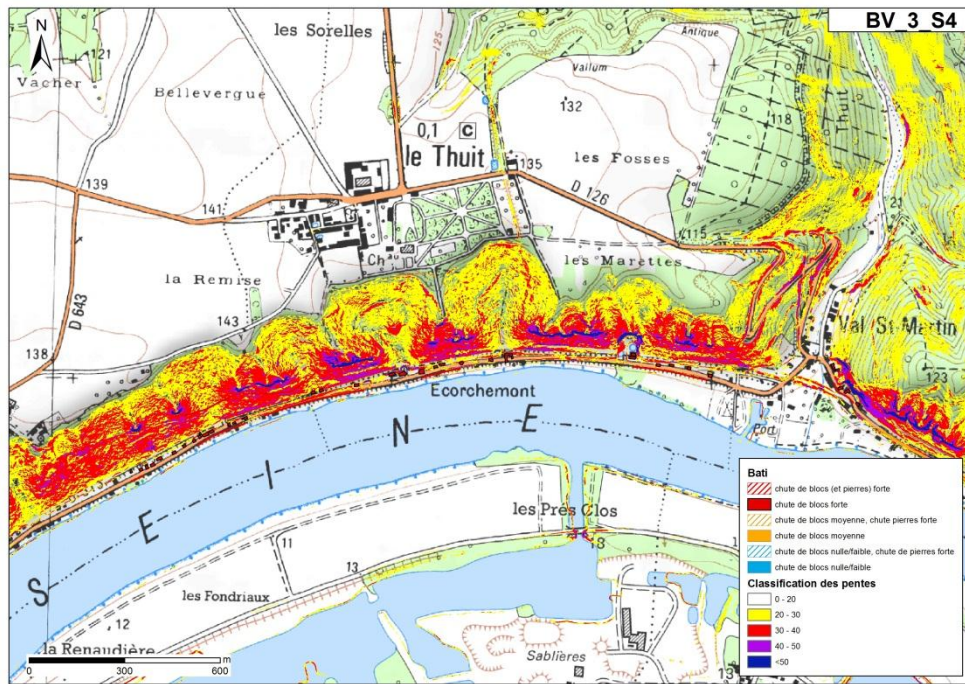


Illustration 25 - Représentation cartographique des enjeux prédisposés au risque fort de chutes de blocs et carte des pentes sur la commune du Thuit



Illustration 26 - Exemple de pinacles rocheux situés à l'arrière de maisons d'habitation. Commune du Thuit



Illustration 27 - Exemple d'enjeux situés au pied d'affleurement de forte hauteur

Commune de Connelles (BV12S6 n°8)

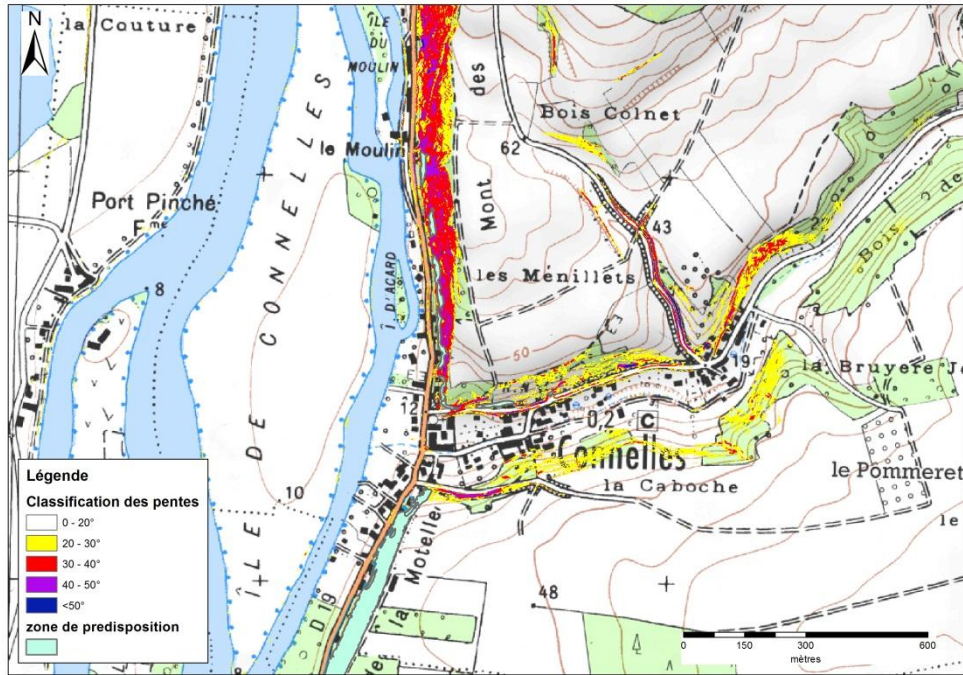


Illustration 28 - Carte des pentes et zones de prédisposition sur Connelles



Illustration 29 - Photographie du secteur de Connelles

Commune de Merrey (BV10S4 n°5)



Illustration 30 - Paroi rocheuse dans une propriété à Merrey (lieu dit Breuilpont)

Commune de Vernon (BV12S8_n°2)

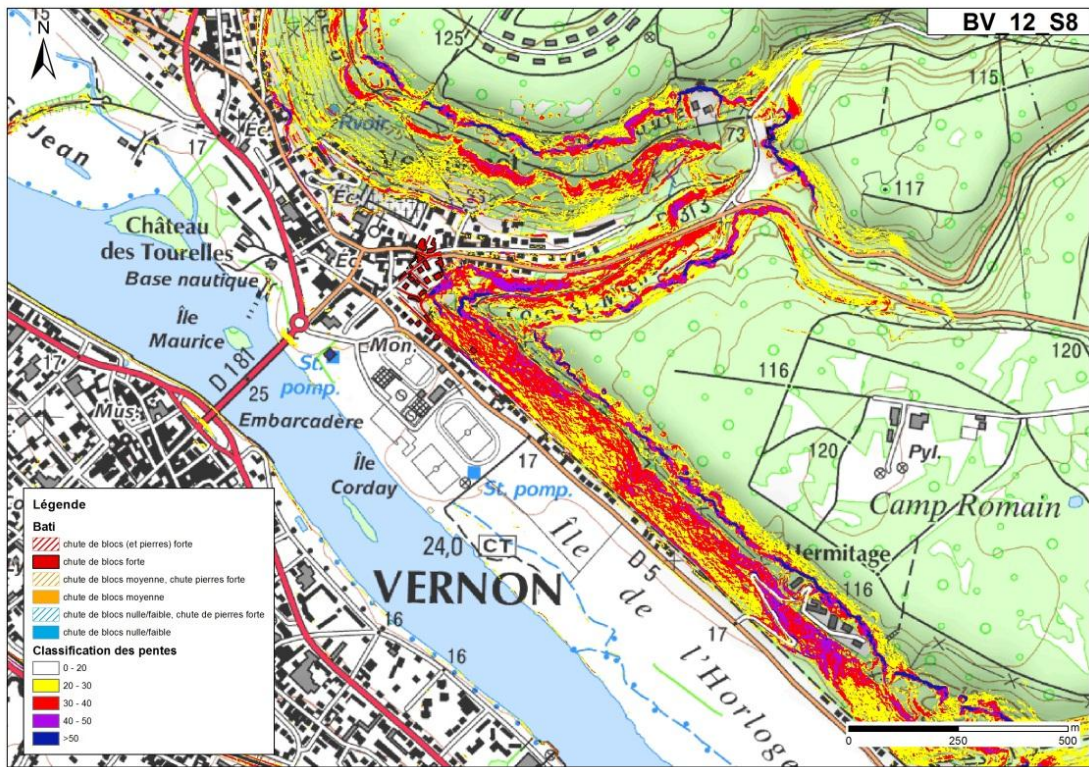


Illustration 31 - Carte des pentes et secteurs prédisposés ; commune de Vernon



Illustration 32 - Exemple d'éléments rocheux à l'arrière d'un quartier résidentiel à Vernon

Commune de Ivry la Bataille (BV11S1 n°7)

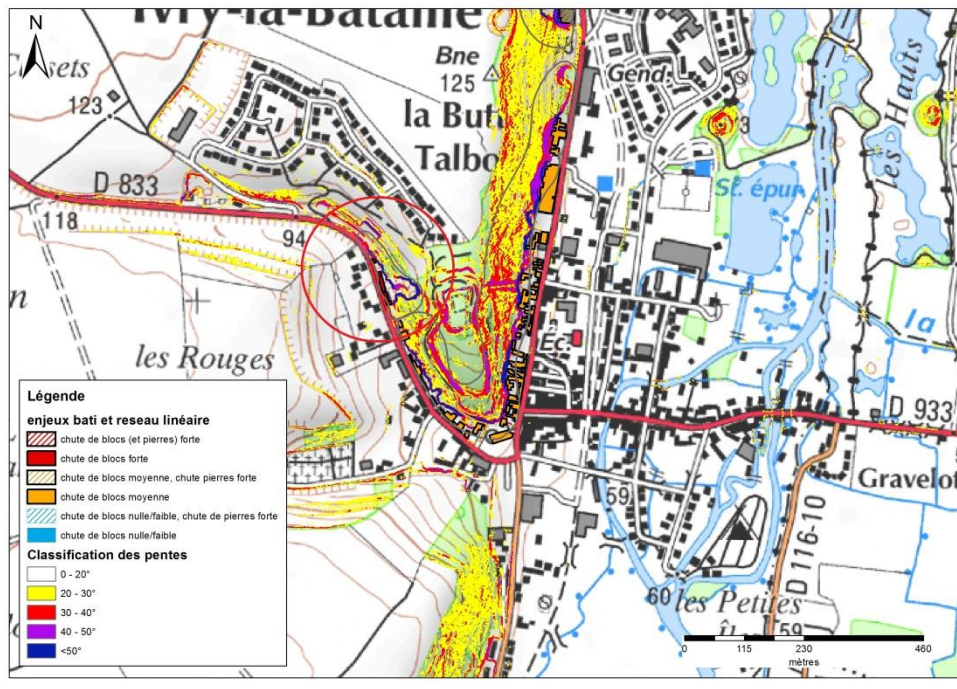


Illustration 33 - Représentation cartographique des enjeux concernés par les chutes de blocs de forte prédisposition (cercle rouge) sur la commune de Ivry la Bataille

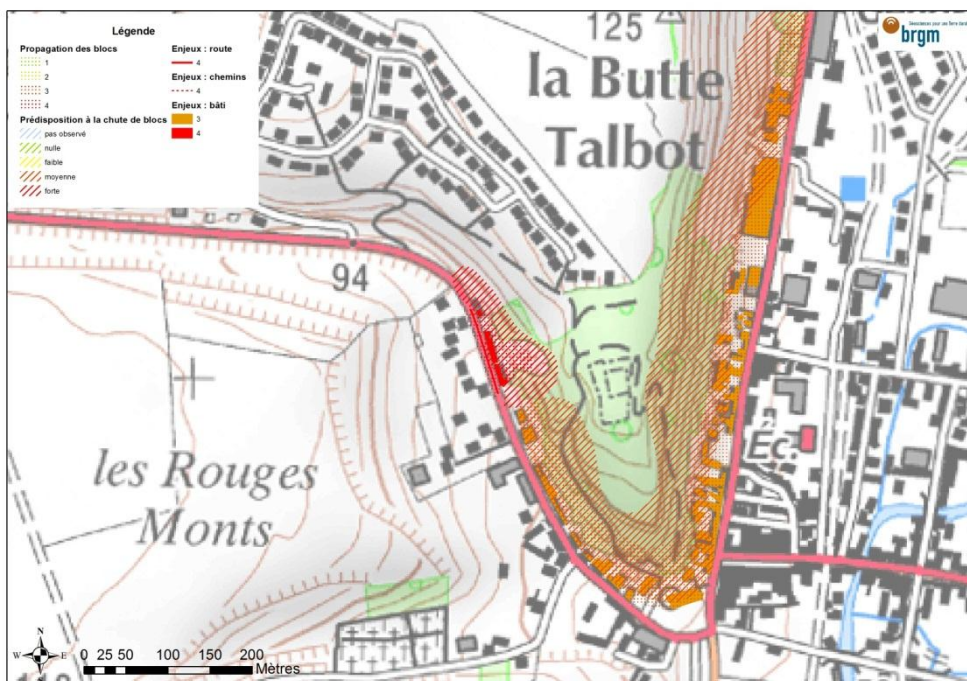


Illustration 34 - Exemple de représentation des enjeux par niveau de prédisposition à Ivry-la-Bataille

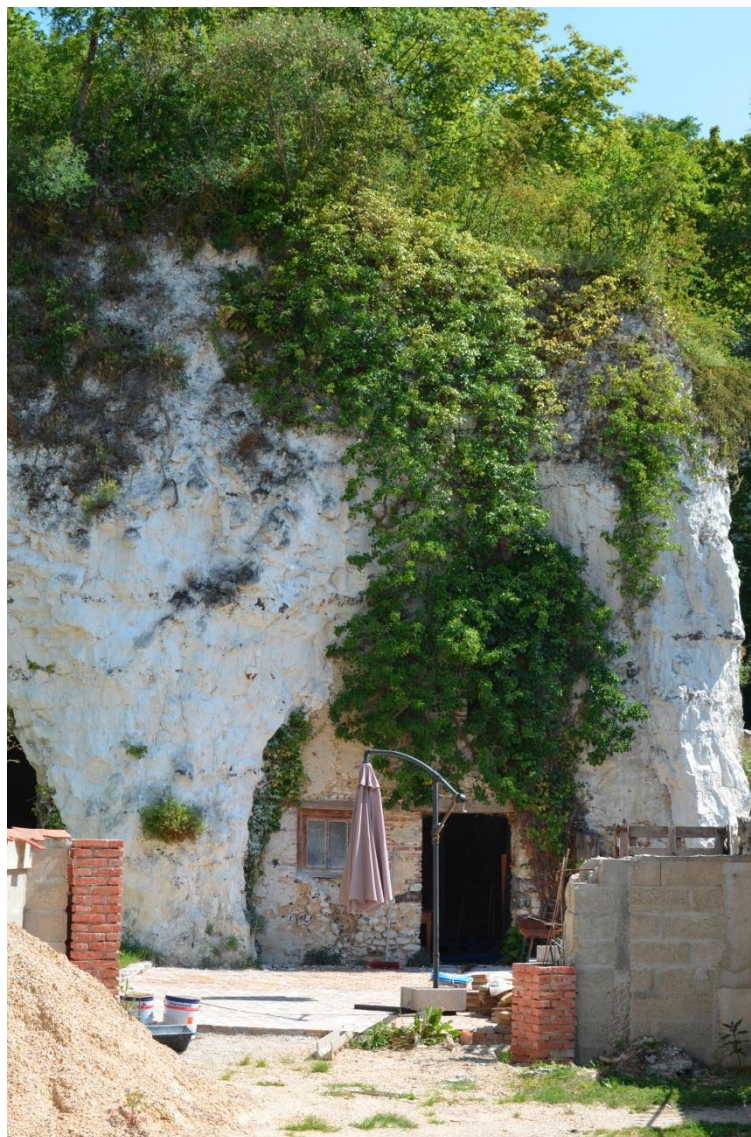


Illustration 35 - Photographie d'une paroi rocheuse et d'un sous-cavage dans une propriété privée à Ivry la Bataille (la butte Talbot)

6. Conclusion

Dans le cadre de la mise en place du Schéma Départemental des Risques Majeurs et dans celui de la prise en compte du changement climatique global pouvant amener à une augmentation de l'occurrence des instabilités, la DDTM de l'Eure a demandé au BRGM d'identifier les zones prédisposées à l'aléa chutes de blocs et éboulements de falaises, puis de croiser ces zones avec les enjeux recensés, afin de hiérarchiser les zones potentiellement à risque.

L'étude réalisée sur la totalité du département de l'Eure permet aujourd'hui d'avoir une bonne vue d'ensemble des zones prédisposées au risque de chutes de blocs et d'éboulements de falaises à l'échelle du département.

La méthodologie simple mise en place (carte de pentes, contrôle terrain), a en effet d'abord permis d'identifier rapidement l'ensemble des zones soumises à l'aléa chutes de blocs / éboulements de falaises au niveau de tout le département.

Une zone de propagation a priori (approche simple à ce stade) a ensuite été associée aux zones identifiées comme présentant une prédisposition moyenne ou forte à l'aléa chutes de blocs / éboulements de falaises qui a permis d'identifier par une technique de croisements SIG, les enjeux potentiellement impactés dans les zones prédisposées.

Une note de vulnérabilité après a été attribuée aux enjeux identifiés, afin de repérer les secteurs sensibles potentiellement soumis au risque de chutes de blocs et d'éboulements. Cela a permis de hiérarchiser les zones prédisposées pour lesquelles des études plus fines de l'aléa seront nécessaires.

A l'issue des travaux, 179 zones de prédisposition au risque chutes de blocs et/ou éboulements ont été caractérisées. Le croisement avec les enjeux a permis d'identifier plusieurs sites potentiellement à risque. La hiérarchisation effectuée a ensuite débouché sur un classement des zones à enjeux prédisposées au risque de chutes de blocs et d'éboulements de falaises selon trois priorités :

- P1 : 23 sites (répartis sur 18 communes), dont les zones de prédisposition forte pourraient impacter des enjeux à forte vulnérabilité (bâtiments). Nous recommandons pour ces zones d'engager une étude de l'aléa à fine échelle dans des délais courts ;
- P2 : 27 sites vulnérables pour lesquels des bâtiments sont potentiellement soumis à une zone de prédisposition moyenne, ainsi que 20 sites pour lesquels des tronçons routiers et un réservoir d'eau potable sont directement en aval de zones présentant une prédisposition forte. Nous recommandons également pour ces sites la réalisation d'une cartographie de l'aléa à fine échelle ;
- P3 : 18 tronçons de chemins potentiellement soumis à des zones de prédisposition fortes.

Les autres zones identifiées ne nécessitent pas forcément de travaux complémentaires, tant que des enjeux vulnérables n'y sont pas associés. Nous recommandons toutefois de préconiser des études complémentaires en cas de projet d'urbanisation dans des secteurs à proximité des zones identifiées comme présentant une prédisposition aux chutes de blocs et de pierres fortes ou moyennes.

On considèrera aussi l'ensemble des zones dont la pente est supérieure à 20° comme présentant un aléa faible. A ce sujet, il faut noter que les zones identifiées comme ayant une prédisposition faible, le sont dans les conditions de pente et de végétation actuelle. Toute modification altérant cet état (déboisement, talutage, non maîtrise de l'eau) pourrait aussi modifier le niveau de prédisposition. Il conviendra donc de prendre toutes les précautions qui s'imposent lors de la réalisation de travaux dans toutes les zones présentant un niveau de prédisposition, même faible.

Enfin, on notera que quelques sites potentiellement à risque n'ont pu être traités dans le cadre de cette étude, notamment parce que l'accès à certaines propriétés privées nous a parfois été interdit. Nous recommandons donc d'inclure dans l'étude fine de l'aléa les quelques sites non observés qui se trouvent à proximité d'enjeux vulnérables.

7. Bibliographie

Besson L., Durville JL., Garry G., Graszek E., Hubert T., Toulemont M. (1999) - Plans de prévention des risques naturels (PPR), Risques de mouvements de terrain, guide méthodologique. La documentation française, Paris. 71p.

BRGM (1999) - Réseau piézométrique Haute-Normandie Eure - Situation de la nappe de la craie à la fin de l'année 1998. Rap. BRGM R 40439

CARIP, Cellule d'Analyse des Risques et de l'Information Préventive (2005) - Dossier départemental des risques majeurs - préfecture de l'Orne, 83 p.

DDTM27, Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Eure (2012a) - Schéma départemental de prévention des risques naturels de l'Eure - Bilan des risques naturels dans le département. 68 p.

DDTM27, Direction Départementale des Territoires et de la Mer de l'Eure (2012b) - Schéma départemental de prévention des risques naturels de l'Eure - Préambule. 9 p.

Dorren L., Jaboyedoff M., Voyat I. (2007) - Identification des zones instables: échelles et outils (SIG, LIDAR, observations naturelles), auscultation - CEMAGREF - 33p.

Duriez M. Lereculey A. avec la collaboration de Kostecki J., Levesques J-C. et PLAT E. (2008) - Cartographie de l'aléa retrait-gonflement des sols argileux dans le département de l'Eure. Rapport BRGM/RP-56485-FR, 120 p., 26 ill., 4 ann., 3 cartes h.-t.

Equilbey E., Normand M., Schomburgk S. (2004) - Atlas hydrogéologique numérique de l'Eure. Volet bilan quantitatif de l'aquifère de la craie. Rap. BRGM/RP-52988- FR, 148 p., 44 fig., 17 tabl., 3 ann.

Foucault A., Raoult J-F. (2010). Dictionnaire de géologie. Dunod, Paris, 388p.

Frayssines M. (2005) - Contribution à l'évaluation de l'aléa éboulement rocheux. Thèses de doctorat. Université Joseph Fourier. Grenoble I, France. 224p.

GEO3 (laboratoire de Géotechnologies, Hydrogéologie, Prospection Géophysique. Université de Liège), postérieur à 2005. Stabilité des parois rocheuses, méthodologie d'étude et modes de confortement. Rapport réalisé pour la DGATLP (Direction Générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine, Ministère de la Région Wallonne). 91p.

LCPC (2004), Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux. Guide technique, coll. Environnement - les risques naturels, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris. 86 p.

LCPC (2001), Parades contre les instabilités rocheuses : chutes de pierres, chutes de blocs, éboulements. Guide technique, coll. Environnement, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, Paris. 144 p.

LCPC (1969), Agglomération Rouennaise : étude géotechnique de site. Rapport P.V.4144, 96 p.

Leone F. (1996) - Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain. Thèse de doctorat. Université Joseph Fournier, Grenoble I, France. 269 p.

Marcot 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.

Météo France (2011), Rapport d'étude : Changement Climatique en Haute- Normandie. Direction Interrégionale Nord Etudes et Climatologie, Villeneuve d'Ascq. 31 p.

Mortimore R.N., Duperret A. (2004). Coastal Chalk Cliff Instability. Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, 173p.

Pannet P., Thollon O., Lechat K., Schroetter JM., coll. Branellec M., Leroy M. (2012) - Analyse de la carte de prédisposition aux risques mouvements de terrain réalisée par la DREAL de Basse-Normandie. Tranche 1: cartographie de l'aléa chute de blocs à Cherbourg- Octeville, Saint-Lô et Vire. Rapport BRGM\RP-60464-FR. 152 p., 44 ill., 11 tabl., 3 ph., 4 ann.

Société Suisse de Géomorphologie (Août 2009)- Fiches Géomorphologie de la montagne, les mouvements gravitaires - 15p.

Van lint J., Giot D., Callec Y. (2003) - Carte géologique harmonisée du département de l'Eure. BRGM/RP-52766FR, 97p., 3 fig., 18 tabl., 1 ann., 1 pl. hors texte.

Vincent M., Zomette N. (2001) - Projet PACTES - Module cartographie du risque potentiel de mouvement de terrain. BRGM/RP-51327-FR, 44 p., 24 fig



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009

45060 – Orléans Cedex 2 – France

Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction régionale de Haute-Normandie

14, route d'Houpeville
Parc de la Vatine

76130 – Mont-Saint-Aignan – France

Tél. : 02 35 60 12 00