

Cahier des charges techniques pour la réalisation d'études de l'aléa éboulement rocheux et définition de travaux



Guide méthodologique

Cahier des charges techniques pour la réalisation d'études de l'aléa éboulement rocheux et définition de travaux

Ont participé à la réalisation de ce guide :

Groupe de rédaction :

- Valentin Le BIDAN (Conseil Départemental de l'Isère)
- Carine PEISSER (PARN)
- Anne LESCURIER (Conseil Départemental de la Savoie)
- Anne-Gaëlle RUIZ (SNCF Réseau)
- Patrick DIVOUX (EDF-CIH)
- Gabriela CHACON (Conseil Départemental de l'Isère)
- Stéphanie DETOURBES (Cerema)
- Julien BAROTH (UGA - 3SR)

Contributeurs :

- Hugues FOLTZER (BG)
- Sten FORCIOLI (Géolithe)
- Laurent MUQUET (Arias Montagne)
- Régis BETTON (GIA Ingénierie)
- Alexandre MATHY (SAGE)

Groupe de relecture :

- Roland MISTRAL (Conseil Départemental de la Savoie)
- Cédric LAMBERT (GINGER CEBTP)
- Stéphane LAMBERT (INRAE)
- Anthony REY (BRGM)
- Bastien COLAS (BRGM)
- Mathieu LINIGER (Conseil Départemental du Doubs)

Ce cahier des charges type a été rédigé dans le cadre du Projet National C2ROP.

Comment citer cet ouvrage :

Projet National C2ROP. *Cahier des charges techniques pour la réalisation d'études de l'aléa éboulement rocheux et définition de travaux*

Bron : Cerema, 2021. Collection : Références. ISBN : 978-2-37180-503-3

Sommaire

Avant-propos	5
Chapitre 1 - Clauses générales	7
1.1. Objet de la consultation	7
1.2. Modalités d'intervention sur site	7
1.3. Compétences et qualifications	8
1.4. Documents de référence	8
Chapitre 2 - Contrat n° 1 - Définition de l'étude d'aléa (non systématique)	9
2.1. Données d'entrée	9
2.2. Contenu de la mission	10
2.3. Livrables	11
Chapitre 3 - Contrat n° 1 bis. Option - Définition de l'étude d'aléa pour diagnostic d'itinéraire	13
Chapitre 4 - Contrat n° 2 - Étude de site - Étude détaillée de l'aléa résultant	14
4.1. Données d'entrée	14
4.2. Contenu de la mission	16
4.3. Livrables	21
Chapitre 5 - Contrat n° 3 - Étude des parades possibles	24
5.1. Données d'entrée	24
5.2. Contenu de la mission	24
5.3. Livrables	26
Chapitre 6 - Contrat n° 4 - Dimensionnement de la solution de parade retenue	27
6.1. Données d'entrée	27
6.2. Contenu de la mission	27
6.3. Livrables finaux	28
Chapitre 7 - Contrat n° 5 - Supervision du suivi d'exécution	29
7.1. Données d'entrée	29
7.2. Contenu de la mission	29
7.3. Livrables finaux	30

Avant-propos

Le Projet National C2ROP Chutes de blocs, *Risques Rocheux et Ouvrages de Protection* (2015-2019) s'est proposé d'aborder de manière globale et concertée la problématique du risque rocheux depuis les processus de genèse (aléas), jusqu'aux stratégies de protection (parades, gestion du risque). A ce titre, ce projet a su rassembler la plupart des éléments de connaissance à ce jour disponibles dans le domaine du risque rocheux, puis développer et transférer vers le monde opérationnel des outils, méthodes et concepts nouveaux en s'appuyant sur l'ensemble des plateformes expérimentales, afin d'améliorer tant les produits que les bonnes pratiques à mettre en œuvre.

Ces dernières années, des avancées considérables ont été obtenues dans le domaine académique : mécanique appliquée aux géomatériaux et aux structures, modélisation numérique, investigation expérimentale en laboratoire ou *in-situ*, analyse de l'aléa et du risque. Elles ont trouvé au travers de ce projet un formidable champ d'application et une source d'inspiration et d'innovation. Les méthodes numériques modernes permettent désormais de modéliser de manière pertinente le comportement de structures complexes sous chargement dynamique. Les puissances de calcul auxquelles on peut accéder aujourd'hui rendent possible des simulations remarquablement fines, prenant en compte les mécanismes élémentaires fondamentaux, mais ouvrant sur des résultats pertinents pour l'ingénieur. Des installations sur site permettent d'explorer le comportement des ouvrages en vraie grandeur ; le site expérimental de Montagnole en Savoie pour les structures de protection en est une illustration parfaite. Cette connaissance et ces outils rassemblés par C2ROP sont le socle fondamental du processus de gestion du risque associé.

L'ancrage très fort du Projet National auprès de l'ensemble de la communauté académique (universités, organismes publics de recherche) et opérationnelle (gestionnaires, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'ingénierie, entreprises) a garanti son exigence et sa crédibilité. Sa capacité à supporter des actions de recherche a permis de lever les principaux verrous et de donner accès à des outils, méthodes, guides et référentiels techniques, attendus par toute la profession. Le présent document est l'un des 10 guides et recommandations produits par C2ROP autour des trois axes du projet :

Axe Aléas

- Glossaire du risque rocheux
- Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux : État de l'art

Axe Parades

- Merlons pare-blocs : Recommandations pour la conception, le suivi de réalisation et la maintenance
- Les Ouvrages Déflecteurs : Guide technique
- Surveillance instrumentale pour la gestion du risque rocheux : Recommandations

Axe Risque

- Prise en compte des risques rocheux par les Maîtres d'Ouvrage gestionnaires d'infrastructures : Recommandations
- Cahier des charges type pour l'étude de l'aléa éboulement rocheux et la définition des travaux
- Cahier des charges type pour les travaux de protection contre les éboulements rocheux
- Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux : Maintenance et Coûts
- Aide à la formalisation de retours d'expérience à la suite d'un événement rocheux sur infrastructures de transport : Note méthodologique

Cette production technique conséquente et aboutie est le reflet de près de 5 années de travail collaboratif des 45 partenaires du projet. Qu'ils soient ici tous chaleureusement remerciés pour leurs multiples efforts engagés et leur dynamisme. Il ne fait aucun doute que la communauté du risque rocheux saura exploiter avec intérêt cette production technique.

Le Comité de Pilotage du Projet National C2ROP

Le présent document propose aux Maîtres d'ouvrage - particulièrement aux Maîtres d'ouvrage ne disposant pas de services spécialisés dans le domaine du risque rocheux - un cahier des charges type pour lancer des études d'aléa concernant les éboulements rocheux allant jusqu'à la définition des solutions de parade et le suivi d'exécution des travaux. Il est particulièrement adapté aux études sur enjeux de type infrastructure linéaire (routes, autoroute, voies ferrées, sentiers de randonnée à enjeu, etc.) ; il peut être adapté, en tant que de besoin, à l'étude d'autres types d'enjeux (notamment bâtis).

Il s'agit d'une **trame minimale, qui peut être amendée**. Il est pour cela accompagné d'une notice de rédaction, qui apporte des **recommandations pour l'élaboration du cahier des clauses techniques particulières**, et **illustre les paragraphes types par des exemples tirés de cas pratiques**.

Les principaux termes spécifiques utilisés dans le présent document sont définis dans le glossaire produit par le collectif C2ROP « *Glossaire du risque rocheux* » (éd. Cerema, 2020) : ils sont signalés dans le texte par un astérisque « * ».

Le cahier des charges est scindé en cinq contrats type qui s'inspirent de la norme NF P94-500 de novembre 2013 relative à la classification des missions géotechniques, et pourront être contractualisés ensemble ou séparément en fonction du besoin du Maître d'Ouvrage (couramment désigné par la suite « MOA »). Ils répondent chacun à cinq degrés d'objectifs différents correspondant à cinq étapes chronologiques allant de l'expression du besoin, jusqu'au suivi d'exécution des travaux, soit successivement :

- Contrat n° 1 : Étude de site - Définition de l'étude d'aléa (*cette mission n'est à programmer que si elle ne peut être réalisée par les services du Maître d'ouvrage. Elle est nécessaire au bon déroulement de l'étude à suivre et constitue les données d'entrée du contrat n°2*) ;
- Contrat n° 2 : Étude de site - Étude détaillée de l'aléa éboulement rocheux (*équivalent de la mission G1ES - Étude de Site - au sens de la norme NF P94-500*) ;
- Contrat n° 3 : Étude des parades possibles (*équivalent de la mission G2AVP - Phase avant-projet - au sens de la norme NF P94-500*) ;
- Contrat n°4 : Dimensionnement de la solution de parade (*équivalent de la mission G2PRO - Phase projet - au sens de la norme NF P94-500*) ;
- Contrat n°5 : Suivi d'exécution (*équivalent de la mission G4 de la norme NF P4-500*).

Le MOA est fortement incité à faire réaliser ces cinq contrats successivement afin d'optimiser les coûts d'investissement et la sécurisation des enjeux. Dans le cas contraire, les résultats existants du ou des contrats N, N-i seront obligatoirement fournis au Titulaire en données d'entrée du contrat N+1.

Enfin, un sixième type de marché peut être défini traitant des interventions d'urgence. Ce type de contrat peut inclure les cinq phases correspondantes aux cinq contrats définis ci-avant, certaines missions des dits contrats ne pouvant néanmoins être mises en œuvre compte-tenu du déroulé de l'étude en urgence. Il n'est pas traité dans ce guide.

Comme tout marché d'études, ce cahier des charges doit être complété par :

- l'organisation du Maître d'ouvrage, avec l'identification des principaux interlocuteurs ;
- la définition des éventuels points d'arrêt entre les différentes phases de l'étude ;
- le nombre prévisionnel de réunions (avec si possible un métré à l'unité) ;
- l'ensemble des délais de réalisation, y compris les délais intermédiaires.

Participants au projet C2ROP



Chapitre 1 - Clauses générales

1.1. Objet de la consultation

Le marché objet du présent cahier des clauses techniques particulières concerne la réalisation d'une étude de protection contre les chutes de blocs sur le territoire suivant :

[localisation géographique la plus précise possible : Commune/Lieu-dit/Infrastructure...]

Il vise à définir [en fonction du ou des contrats passés] le niveau d'aléa auquel sont soumis les infrastructures et l'ensemble des intervenants (usagers, personnel chargé de l'entretien et des travaux), ainsi que les parades et les ouvrages destinés à les sécuriser.

1.2. Modalités d'intervention sur site

Modalités techniques

L'attention du prestataire est attirée sur la spécificité des interventions en milieu naturel de montagne (talus rocheux, falaise, versant) qui nécessitent du personnel équipé, formé et habilité au déplacement sur corde (la fourniture du matériel nécessaire ainsi que l'habilitation des intervenants est à la charge du Titulaire).

Ce dernier veillera par ailleurs à réaliser une analyse de risques propre à chaque site d'intervention, afin de garantir la sécurité de son personnel et des avoisinants (biens, personnes).

Les survols héliportés éventuellement nécessaires au déroulement de la mission seront pris en charge, après accord, par le Maître d'ouvrage⁽¹⁾.

L'utilisation de drones ou de tout autre dispositif d'observation déporté est laissée à l'appréciation du Titulaire lors de la mission d'étude de site mais ne peut constituer l'unique moyen de reconnaissance des compartiments rocheux à expertiser. Le cas échéant, le Titulaire s'engage à respecter la réglementation en vigueur concernant ledit dispositif.

Ainsi, la visite à pied des falaises et versants par les spécialistes du Titulaire est obligatoire dans le cadre du présent marché.

Modalités administratives

Les modalités d'exploitation du domaine public souhaitées ou rendues nécessaires lors des reconnaissances sur site seront précisées par le Titulaire dans son offre.

Préalablement à la réalisation des reconnaissances sur le terrain, le Titulaire est tenu de contacter les propriétaires des parcelles concernées afin de définir avec eux les dates et les modalités d'intervention sur site.

Dans le cas où il serait nécessaire :

- d'établir un arrêté, une convention ou tout acte administratif spécifique ;
- de mettre en place une signalisation ou un dispositif de sécurisation du site d'étude ;

ces dispositions seront mises en place par le Maître d'ouvrage après demande formalisée en ce sens par le Titulaire et figurant dans son offre.

¹ Optionnel, mais fortement recommandé : voir remarque dans la notice d'accompagnement.

1.3. Compétences et qualifications

Expertise

Les missions décrites ci-dessous font appel à l'exercice d'une expertise spécifique dans des conditions d'évolution et de décision contraintes, parfois difficiles (terrains accidentés, conditions météorologiques, etc.), faisant éventuellement suite à un événement. Dans ces conditions, l'attention du prestataire est attirée sur la nécessité de disposer de chargés d'études expérimentés, disposant d'une bonne capacité d'évolution et de décision, et aptes à rendre compte de façon synthétique lors des échanges préalables à la prise de décision.

Intervention sur corde

L'utilisation des techniques d'accès et de positionnement au moyen de cordes doit respecter les conditions suivantes (Décret du 1^{er} septembre 2004 – Art. R233-13-23) :

- le système doit comporter au moins une corde de travail, constituant un moyen d'accès, de descente et de soutien, et une corde de sécurité, équipée d'un système d'arrêt des chutes ; ces deux dispositifs sont ancrés séparément et les ancrages constitués par des éléments du versant (arbres, ouvrages en place, etc.) propres à être utilisés après appréciation de l'entreprise, et/ou réalisés par l'entreprise dans le cadre de son intervention ;
- les travailleurs doivent être munis d'un harnais antichute approprié, et être reliés par ce harnais à la corde de sécurité et à la corde de travail ;
- la corde de travail doit être équipée d'un mécanisme sûr de descente et de remontée et comporter un système autobloquant qui empêche la chute de l'utilisateur au cas où celui-ci perdrait le contrôle de ses mouvements. La corde de sécurité doit être équipée d'un dispositif antichute mobile qui accompagne les déplacements du travailleur ;
- les outils et autres accessoires à utiliser par un travailleur doivent être attachés par un moyen approprié, de manière à éviter leur chute ;
- le travail doit être programmé et supervisé de telle sorte qu'un secours puisse être immédiatement porté au travailleur en cas d'urgence ;
- les travailleurs doivent recevoir une formation adéquate et spécifique aux opérations envisagées et aux procédures de sauvetage, dont le contenu est précisé aux articles R.231-36 et R.231-37 et qui est renouvelée dans les conditions prévues à l'article R.233.3.

Minage

Un certificat de préposé au tir (CPT) ou une qualification en réalisation et vérification de plans de tirs est demandé à tout chargé d'études amené à se prononcer sur un tel document lors d'une mission d'assistance au suivi d'exécution.

1.4. Documents de référence

Sont présentés ci-dessous les textes réglementaires et recommandations auxquels fait explicitement référence le présent marché, par ordre décroissant d'importance :

Normes

- Norme géotechnique NF P94-500 – Missions d'ingénierie – Novembre 2013 ;
- L'Eurocode 7 et les normes d'application nationale associées ;

Guides et recommandations

- Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux : État de l'art - Rapport Cerema-C2ROP – 2020 ;
- Les études spécifiques d'aléa lié aux éboulements rocheux - LCPC - Juin 2004 ;
- Versants rocheux - Phénomènes, aléas, risques et méthodes de gestion - INERIS Cerema - Décembre 2014 ;
- Écrans de filet pare-blocs dynamiques - recommandations pour leurs spécifications - Cerema - Août 2014 ;
- Prise en compte du paysage dans les protections contre les chutes de matériaux - IFSTTAR & Cerema - Mai 2016 ;
- Parades contre les instabilités rocheuses - LCPC - Mai 2001

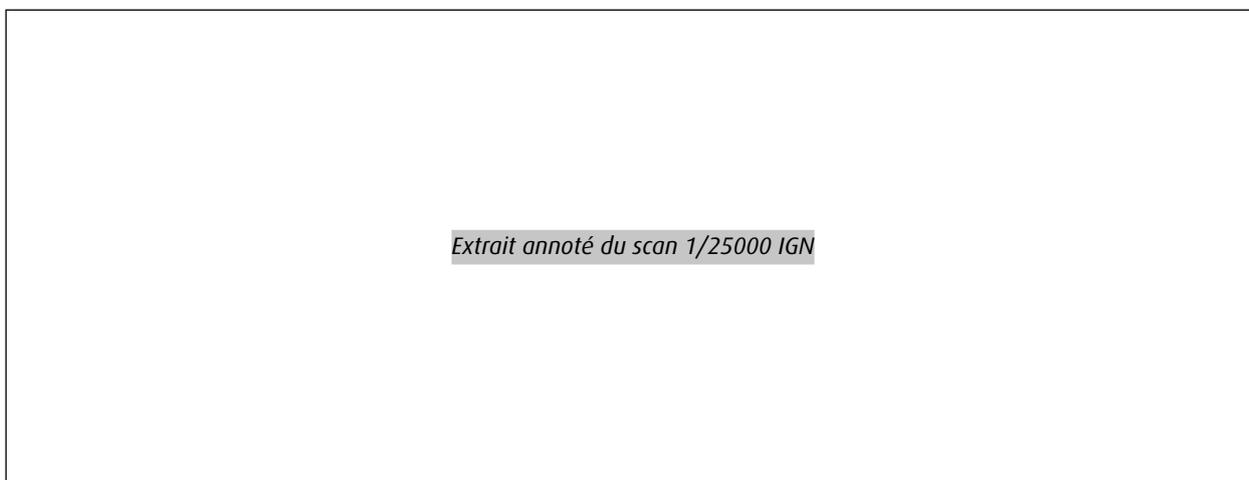
Chapitre 2 - Contrat n° 1 - Définition de l'étude d'aléa (non systématique)

L'objet de cette mission est de définir précisément le périmètre de l'étude à mener et son contexte, et ne concerne pas l'étude des aléas en eux-mêmes.

2.1. Données d'entrée

Délimitation du périmètre d'étude

L'étude concerne la/les zone(s) **XX** telle(s) que définie(s) sur le plan ci-dessous, ci-après nommée « zone d'étude » :



Liste des enjeux

Les enjeux affectés par la zone d'étude sont les suivants :

- enjeux sous la responsabilité du Maître d'ouvrage,
 - ..
 - ..
- autres enjeux,
 - ..
 - ..

Documents remis au Titulaire

Les documents remis au Titulaire préalablement au démarrage de la mission sont les suivants :

- événements de type chutes de blocs sur la zone de l'étude recensés par le Maître d'ouvrage ;
- études ou extraits d'études antérieures concernant le site d'étude suivants :
 - ..
 - ..
- relevé des travaux réalisés par le passé et des ouvrages de protection présents sur la zone d'études, ainsi que l'extrait de la dernière visite de contrôle.
- autre : ...

Contraintes de réalisation de l'étude

A la date du lancement de la consultation, les dispositions susceptibles de contraindre la réalisation de l'étude connues du Maître d'ouvrage sont les suivantes :

- ... ;
- ...

Reconnaitances de terrain - Accès

L'attention du titulaire est attirée sur le fait que les terrains compris dans l'emprise de l'étude ne sont pas exclusivement la propriété du Maître d'ouvrage, il lui reviendra donc d'obtenir l'ensemble des autorisations nécessaires à la bonne réalisation de la mission.

Les modalités spécifiques de gestion/exploitation au niveau des enjeux, souhaitées ou rendues nécessaires lors des reconnaissances sur site seront précisées par le Titulaire préalablement au démarrage de la mission.

Réunions intermédiaires

- une visite de site aura lieu le (date) à (lieu) en compagnie de (participants) ;
- X réunions intermédiaires seront prévues ; elles auront lieu (lieu).

Livrables intermédiaires

Le Titulaire fournira pour cette étude de site XX livrables intermédiaires : type, délai de livraison.

2.2. Contenu de la mission

La mission attendue comprend les quatre étapes suivantes :

Appropriation des données initiales

Le Titulaire analysera les documents en rapport avec l'étude et les sources potentielles pouvant servir à cette étude ; il devra évaluer leur degré de fiabilité et en extraire les données pertinentes.

En fonction des informations de l'Annexe 1 de la notice d'accompagnement disponibles, il identifiera les phénomènes et les facteurs contribuant à l'évolution des massifs, à l'instabilité des masses et au déclenchement des phénomènes (cf. Annexe 2 de la notice d'accompagnement). Pour ce faire, le Titulaire définira d'éventuelles données complémentaires à collecter et nécessaires à l'approche d'ensemble détaillée dans le contrat n° 2 (liste proposée en Annexe 2 de la notice d'accompagnement).

Si le Titulaire n'assume pas la responsabilité des données d'entrée qui lui sont fournies, il doit toutefois émettre un avis sur celles-ci en cas d'incohérence et pointer d'éventuelles réserves.

Analyse documentaire

En complément des données transmises par le Maître d'ouvrage, le Titulaire réalisera une enquête documentaire qui portera sur les points suivants :

- cadre géotechnique spécifique du site ;
- événements passés ;
- études existantes ;
- travaux réalisés ;
- inventaire des zonages réglementaires ;
- documents cartographiques et photographiques ;
- documents média ;
- tout autre document susceptible d'aider à la caractérisation du site.

Visite initiale du site

Le Titulaire réalisera une visite de site qui aura pour objectif d'effectuer un pré-diagnostic du site comprenant :

- une revue des conditions d'accès au site et, notamment, aux zones de départ ;
- l'observation du contexte géologique, topographique et environnemental ;
- le repérage des zones de départ pouvant affecter chacun des enjeux ou la zone d'étude : pour chaque enjeu du périmètre d'étude (ou chaque secteur de la zone d'étude), le Titulaire repérera les zones de départ potentiels (observations générales). Il identifiera notamment les zones de départs impactant la zone d'étude/les enjeux qui n'avaient pas été inclus préalablement par le Maître d'Ouvrage dans le périmètre d'étude. Inversement, le Titulaire signalera au Maître d'Ouvrage les zones d'atteintes/enjeux pouvant être concernées qui n'avaient pas été incluses initialement dans le périmètre d'étude ;
- le repérage des ouvrages de protection existants ;
- le référencement des zones non visitées ;
- la définition des enjeux* (linéaires ou ponctuels) exposés et de leurs vulnérabilités*.

Rédaction des livrables

Le contenu des livrables est défini dans le paragraphe suivant.

2.3. Livrables

Le rapport inclura quatre éléments distincts :

2.3.1. Synthèse des données d'entrée

La synthèse des données d'entrée reprendra :

- la liste des documents ;
- pour chaque document, une description synthétique de son contenu ;
- la définition des incertitudes de l'étude et des besoins complémentaires nécessaires pour préciser ces incertitudes.

2.3.2. Synthèse de l'analyse documentaire

La synthèse de l'analyse documentaire reprendra de manière synthétique l'ensemble des éléments listés plus haut, et notamment un historique en termes d'événements, d'études et de travaux. Il sera illustré de cartes faisant distinctement apparaître les enjeux considérés, et permettant d'apprécier le contexte général d'un point de vue géomorphologique, géotechnique et réglementaire.

2.3.3. Rapport de visite de site

Ce rapport donnera une vue générale représentative du site permettant d'identifier le bassin de risques à considérer dans les études d'aléa éboulement rocheux et la définition de travaux à suivre. Il s'agit notamment de définir :

- les zones de départ* potentiel ;
- les ouvrages de protection existants ;
- les enjeux ;
- les secteurs non visités ;
- le cheminement suivi.

2.3.4. Rapport de pré-diagnostic

Le rapport de pré-diagnostic comprendra la définition des zones de départ potentiel et, le cas échéant, des enjeux.

Description précise des enjeux

Le Titulaire précisera pour chaque enjeu :

- le type d'enjeux* ;
- sur un plan de situation, la géométrie et la localisation des enjeux ;
- la fréquentation ou les temps de présence de l'enjeu à protéger ;
- les conséquences indirectes potentielles d'une chute de blocs sur l'enjeu.

Description des zones d'aléa

Pour chaque enjeu ou groupe d'enjeux du périmètre d'étude, ou chaque secteur de la zone d'étude, une cartographie (sur plan ou photo) détaillera :

- les zones de départ et les principales masses rocheuses (au-dessus de chacun des enjeux) ;
- le type d'aléa présenté par les différents secteurs du front : en première approche, compartiments isolés ou aléa diffus* ; si des événements particuliers de type éboulement en grande masse sont pressentis, ils seront mentionnés, mais ils sortent du cadre de la présente étude ;
- les emprises pressenties des zones de propagation (approche globale car étude non détaillée).

Découpage de la zone d'étude en secteurs homogènes

La sectorisation de la zone d'intervention revêt un enjeu important pour une correcte appropriation du futur document d'étude par le Maître d'ouvrage. Ainsi, l'organisation du site en un certain nombre de secteurs devra tenir compte des caractéristiques géologiques et géomorphologiques du versant étudié, afin de pouvoir situer rapidement chaque compartiment repéré et étudié au sein de son environnement.

Il est proposé d'adopter le numéro d'identification « S », suivi de l'indice du secteur correspondant. Lors de l'étude de l'aléa détaillé, ce numéro sera positionné en préfixe du compartiment considéré (par exemple S6-C9, le compartiment 9 du secteur 6).

Ce numéro sera rappelé dans chaque rapport d'études (vues générales ou de détail annotées, tableau de synthèse, etc.).

Définition des études, levés et moyens nécessaires à l'étude détaillée de l'aléa résultant

Le Titulaire appréciera la nécessité de disposer d'éléments de fonds topographiques, notamment pour la réalisation de simulations trajectographiques. Le cas échéant, il en définira le type et les attendus en termes de rendu. Il donnera également son avis sur les moyens et méthodes d'acquisition de données, ainsi que sur la précision attendue pour les restitutions.

La réalisation de ces documents, destinés à être mis à la disposition du Titulaire lors de l'étude détaillée de l'aléa éboulement rocheux, sera prise en charge par le Maître d'ouvrage.

Définition des visites à entreprendre et de leurs modalités pour la réalisation de l'étude détaillée de l'aléa résultant

Le Titulaire s'appuiera sur la visite initiale du site pour proposer les visites à réaliser dans le cadre des missions suivantes, notamment pour l'étude détaillée de l'aléa résultant (contrat n° 2), ainsi que leurs modalités d'exécution. Au vu des conditions de sécurité, il identifiera notamment la nécessité d'avoir recours à des moyens d'observation déportés (hélicoptère ou drone), ainsi qu'à l'assistance d'une équipe de cordistes professionnels.

Le cas échéant, cette dernière sera prise en charge par le Maître d'ouvrage, ainsi que le survol héliporté. Le Titulaire du contrat n° 2 prendra quant à lui à sa charge les survols par drone qu'il estime nécessaires au bon déroulement de l'étude.

Définition des accès à équiper pour l'étude détaillée de l'aléa résultant

Le Titulaire proposera, en fonction des visites identifiées au paragraphe précédent, les accès à équiper afin de réaliser, lors du contrat n° 2, les visites à pied et sur corde des versants et falaises le nécessitant.

Définition des contraintes éventuelles de réalisation de l'étude détaillée de l'aléa résultant

Le Titulaire définira les contraintes éventuelles de réalisation de l'étude détaillée de l'aléa résultant (contrat n° 2).

Chapitre 3 - Contrat n° 1 bis. Option

- Définition de l'étude d'aléa pour diagnostic d'itinéraire

À la demande du Maître d'ouvrage, dans le cas d'un gestionnaire d'infrastructures linéaires, le Titulaire peut être amené à travailler sur un linéaire entier, pouvant aller de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres, voire plusieurs dizaines de kilomètres. Cette approche est justifiée par la nécessité d'adopter une vision globale de l'investissement à engager pour sécuriser un itinéraire, de garantir une approche homogène en termes de gestion de risques, et d'optimiser les contraintes aux usagers lors des travaux à venir.

Dans ce cas, la mission « Étude de site – Définition de l'étude d'aléa » sera réalisée suivant les mêmes spécifications que celles définies au chapitre précédent. Elle s'attachera en outre à identifier chacun des sites devant faire l'objet d'une étude détaillée de l'aléa éboulement rocheux (contrat n° 2). A ce titre, il pourra être introduit, concernant le découpage de la zone d'étude en secteurs homogènes, la notion de section (Sc), visant à identifier des tronçons de l'infrastructure linéaire présentant une certaine homogénéité en termes d'enjeux et d'aléa.

On parlera alors ici d'un linéaire comprenant plusieurs sections (Sc), elles-mêmes subdivisées en secteurs (S), sur lesquels seront localisés des compartiments rocheux (C).

Concernant les livrables à fournir dans le cas d'un diagnostic d'itinéraire, il reviendra au Titulaire de fournir un document par section concernant les éléments suivants, dont le contenu est précisément décrit au chapitre précédent :

Découpage de la zone d'étude en secteurs homogènes

Définition des études et levés nécessaires à l'étude détaillée de l'aléa résultant

Définition des visites à entreprendre et de leurs modalités pour la réalisation de l'étude détaillée de l'aléa résultant

Définition des accès à équiper pour l'étude détaillée de l'aléa résultant

Définition des contraintes éventuelles de réalisation de l'étude détaillée de l'aléa résultant

Chapitre 4 - Contrat n° 2 - Étude de site - Étude détaillée de l'aléa résultant

Référence normative : NF P94-500 (2013) - Mission G1ES

La mission « Étude de site - Étude détaillée de l'aléa » s'inscrit dans la mission géotechnique préalable (G1) au sens de la norme NF P94-500, et la complète dans la mesure où la finalité est d'obtenir une qualification aussi exhaustive que possible des aléas résultants au niveau des enjeux.

Elle est réalisée en amont d'une étude géotechnique de conception (G2) « Étude des parades possibles ».

L'objectif de la mission est, d'une part, de réaliser un diagnostic de l'ensemble des aléas rocheux présents sur le site, et, d'autre part, d'identifier les aléas susceptibles de représenter un danger pour les enjeux définis et de qualifier un niveau d'aléa résultant au niveau de ces derniers.

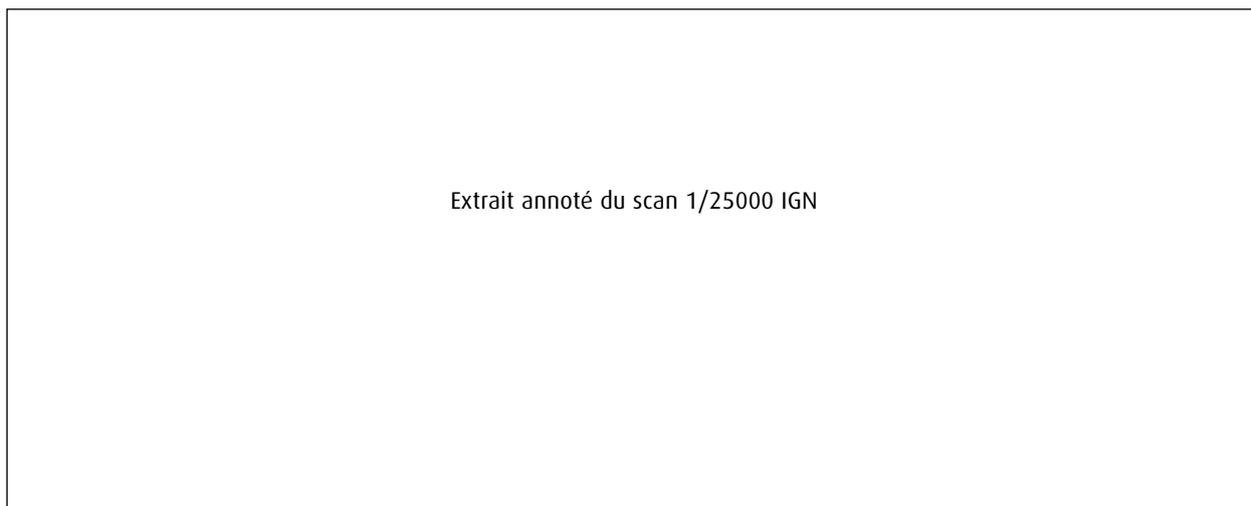
Aucune parade n'est évoquée à ce stade de la mission, la définition et le dimensionnement de celles-ci font respectivement l'objet des contrats n° 3 et n° 4.

4.1. Données d'entrée

Les données d'entrées nécessaires à la bonne réalisation de la mission « Étude détaillée de l'aléa résultant » correspondent aux livrables de la mission « Étude de site - Définition de l'étude d'aléa », augmentés des points suivants :

Définition du périmètre de l'étude

L'étude concerne la/les zone(s) **XX** telle(s) que définie(s) sur le plan ci-dessous, ci-après nommée « zone d'étude » :



L'attention du Titulaire est attirée sur le fait que l'identification de la limite d'emprise de l'étude (extensions latérales, point culminant, dénivelée, etc.) fera, après que celui-ci ait pris connaissance du site, l'objet d'une note spécifique pour validation par le Maître d'ouvrage.

Enjeux

Les enjeux concernés par la zone d'étude sont les suivants :

- enjeux sous la responsabilité du Maître d'ouvrage,
 - ..
 - ..
- autres enjeux,
 - ..
 - ..

La limite d'extension du périmètre de l'étude au niveau des enjeux sera éventuellement ajustée par le Maître d'ouvrage sur la base de la note de validation de l'emprise évoquée au paragraphe précédent.

Documents remis au Titulaire

Les documents remis au Titulaire préalablement au démarrage de la mission sont les suivants :

- livrables de la mission de définition de l'étude d'aléa ;

Ou

- événements de type chutes de blocs sur la zone de l'étude recensés par le Maître d'ouvrage ;
- études ou extraits d'études antérieures concernant le site d'étude suivants :
 - ..
 - ..
- relevé des travaux réalisés par le passé et des ouvrages de protection présents sur la zone d'études, ainsi que l'extrait de la dernière visite de contrôle ;
- autre : ...

Contraintes de réalisation de l'étude

À la date du lancement de la consultation, les dispositions susceptibles de contraindre la réalisation de l'étude connues du Maître d'ouvrage sont les suivantes :

- ...
- ...

Reconnaitances de terrain - Accès

L'attention du titulaire est attirée sur le fait que les terrains compris dans l'emprise de l'étude ne sont pas exclusivement la propriété du Maître d'ouvrage, il lui reviendra donc d'obtenir l'ensemble des autorisations nécessaires à la bonne réalisation de la mission.

Les modalités spécifiques de gestion au niveau des enjeux, souhaitées ou rendues nécessaires après les reconnaissances sur site seront précisées par le Titulaire préalablement au démarrage de la mission.

Période d'étude* (ou période d'intérêt)

Étant donné les enjeux concernés, la mission « Étude de site - Étude de l'aléa résultant » portera sur une période de **XX** ans, correspondant à la durée sur laquelle les aléas devront être évalués par le Titulaire.

Durée de validité de l'étude

Le document d'étude réalisé dans le cadre du présent marché aura une durée de validité de **XX** ans.

Réunions intermédiaires

- une visite préalable du site sera programmée ;
- **X** réunions intermédiaires seront prévues ; elles auront lieu (lieu).

Livrables intermédiaires

Le Titulaire fournira pour cette étude de site **XX** livrables intermédiaires : **type** (voir § 4.3.1.), **délai de livraison**.

4.2. Contenu de la mission

4.2.1. Études préparatoires

La mission comprendra obligatoirement les éléments suivants :

Analyse de la documentation transmise

Le Titulaire analysera la documentation transmise, évaluera son degré de fiabilité et en extraira les données pertinentes.

S'il n'assume pas la responsabilité des données d'entrée qui lui sont fournies, il devra émettre un avis sur celles-ci et pointer d'éventuelles réserves le cas échéant.

Compléments de données

En complément de la documentation transmise par le Maître d'ouvrage lors du démarrage de la mission, le Titulaire réalisera une étude documentaire complète du site concerné par l'étude dont il a la charge, avec l'objectif d'atteindre un niveau de rendu comparable à une mission de définition de l'étude d'aléa.

Validation du périmètre de l'étude

Sur la base des premiers éléments recueillis par le Titulaire et des données d'entrées transmises par le Maître d'ouvrage concernant les enjeux à sécuriser, le Titulaire procédera à l'identification de la limite d'emprise de l'étude (extensions latérales, point culminant, dénivelée, etc.). Ce point fera l'objet d'une note spécifique pour validation par le Maître d'ouvrage.

L'attention du Titulaire est attirée sur le fait qu'en l'absence de document, le Maître d'ouvrage se réserve le droit de ne pas réceptionner l'ensemble des prestations réalisées lors de cette phase.

Prestations complémentaires

Les éventuelles prestations complémentaires nécessaires à l'accomplissement de la mission (survol hélicoptés, levés topographiques, etc...) seront prises en charge par le Maître d'ouvrage, après accord de celui-ci, sur indications du Titulaire.

Préparation des visites de terrain dont éventuellement, si besoin, la réalisation des aménagements d'accès nécessaires

L'attention du prestataire est attirée sur la spécificité des interventions en milieu naturel escarpé (talus rocheux, falaise, versant) qui nécessitent du personnel équipé, formé et habilité au déplacement sur corde. Ce dernier veillera à réaliser une analyse de risques propre au site d'intervention afin de garantir la sécurité de son personnel.

Les modalités spécifiques de gestion au niveau des enjeux, souhaitées ou nécessaires lors des reconnaissances sur site, seront proposées par le Titulaire préalablement à toute visite.

Rendus

Les études préparatoires détaillées ci-dessus feront l'objet des rendus suivants, à intégrer au rendu final du présent marché :

- une note de validation du périmètre de l'étude telle que définie ci-dessus ;
- l'analyse et la synthèse des documents remis par le Maître d'ouvrage, ainsi que des éléments issus de l'étude documentaire ;
- une présentation des reconnaissances de terrain que le Titulaire se propose de réaliser dans le cadre de sa mission ;
- (le cas échéant) La présentation des prestations complémentaires et études spécifiques jugées nécessaires à la réalisation de l'étude.

Le Titulaire rappellera en particulier dans une note les objectifs et principes méthodologiques qui seront utilisés pour la suite de l'étude d'aléa.

4.2.2. Visites et collecte des données de terrain

La visite du terrain par le Titulaire est indispensable à l'accomplissement de la mission.

Logistique

Pour les inspections sur le terrain (à pied), l'équipe du Titulaire sera autonome et constituée de 2 personnes minimum dont le spécialiste « Risque chutes de blocs » (cf. Clause générales – Expertise du présent contrat).

Le Titulaire prend en charge et assure la logistique de son équipe afférente à la mission sur site, dont les équipements de protection individuelle, le matériel spécifiquement requis pour exécuter la mission, ainsi que les équipements de télécommunication (téléphone et radio) et de premiers soins.

Le Titulaire devra se rendre autant que nécessaire sur les zones de départ de blocs / zones instables identifiées, ainsi que sur les zones de propagation et d'arrêt, afin de définir et de cartographier l'aléa de départ de blocs avec la précision requise.

Les personnes missionnées par le Titulaire pour les inspections sur le terrain :

- ont pris connaissance des difficultés de cheminements dans les versants et disposent des outils à main adaptés ;
- disposent de la formation et des habilitations requises pour cheminer sur cordes et pour les travaux acrobatiques ;
- disposent de tout le matériel nécessaire aux interventions sur cordes ;
- disposent de tout le matériel de communication et de prises de vue opérationnel avec des batteries ou piles de rechange et de secours en nombre suffisants pour chacun des appareils (à minima 1 jeu de batterie ou pile de secours par équipement) ;
- ont un entraînement physique suffisant pour assurer la mission confiée ;
- ont préalablement recueillis tous les renseignements nécessaires pour prévenir les secours en cas d'urgence ou de difficultés ;
- disposent du matériel de 1^{er} secours (trousse de secours) adapté aux conditions particulières de la mission ;
- s'assurent avant chaque départ que les conditions météorologiques et hydrologiques sont acceptables.

Le matériel prévu par le Titulaire sera en parfait état et aura au préalable été contrôlé, conformément à la législation en vigueur et aux recommandations du fabriquant.

Le Titulaire prendra, avec anticipation, connaissance du contexte particulier dans lequel il devra cheminer et mettra en place les mesures de sécurité appropriées.

Option : Survol et visite hélicoptérée

Les dispositions prévues par le Titulaire concernant les moyens et les temps de survol envisagés devront obligatoirement figurer dans son offre.

L'utilisation de drones ou de tout autre dispositif d'observation déporté est laissée à l'appréciation du Titulaire lors de la mission d'étude de site mais ne peut constituer l'unique moyen de reconnaissance des compartiments rocheux à expertiser.

Les frais d'hélicoptère éventuels sont à la charge du Maître d'ouvrage, après accord de celui-ci.

Le survol préalable inclut notamment :

- la revue des conditions d'accès ;
- l'observation du contexte géologique, topographique et environnemental (végétation, altitude, exposition, etc.) ;
- le repérage des zones de départ pouvant affecter chacun des enjeux ou la zone d'étude :
 - le Titulaire identifie les zones potentielles de départ de blocs et les principales masses rocheuses potentiellement instables. Il identifie notamment : les zones de départ impactant pour la zone d'étude/les enjeux qui n'avaient, le cas échéant, pas été incluses dans le périmètre, au stade de l'étude préparatoire,
 - le Titulaire identifie et signale les enjeux susceptibles d'être impactés et qui n'avaient pas été inclus dans le périmètre au stade de l'étude préparatoire ;
- les prises de vues géo-référencées.

Levés de terrain

À l'issue des inspections sur le terrain, le Titulaire doit être en mesure de réaliser les documents suivants :

- un plan de situation générale :
vue en plan générale des sites et/ou photographies aériennes avec la localisation des enjeux et des zones de départ de blocs/d'instabilités ;
- référencement des éléments propres aux événements passés (zones de départs, blocs éboulés dans le versant) :
carte informative des phénomènes, repérant les événements avec leurs coordonnées : événements historiques (relevés dans la bibliographie, les enquêtes...) et phénomènes plus récents (relevés sur le terrain et dans les données d'entrée) ;
- le référencement des zones de départ potentielles non visitées ou non accessibles :
le Titulaire porte un avis sur l'intérêt d'une visite complémentaire, à l'aide d'un drone ou autre moyen que le Titulaire définira, des zones potentielles de départ de blocs/d'instabilités non visitées dans le cadre de la présente mission ou non accessibles ;
- Le rapport de visite de terrain et d'analyse des données comprenant, en outre :
 - une description du contexte géologique, topographique, morphologique et environnemental (végétation, altitude, exposition, climat, etc.),
 - une description des mécanismes d'évolution du versant et des phénomènes en découlant, notion d'activité du secteur à décrire par le Titulaire dans un contexte d'aléa diffus,
 - une vue générale du site visualisant (repérage sur photos et cartographique) :
 - > le cheminement suivi pour les reconnaissances (à pied, sur cordes, hélicoptère), repérage des zones visitées, points d'observation,
 - > le repérage des secteurs non visités,
 - > la localisation des prises de vue sur photo générale, angle de vue des photos,
 - > la localisation des événements passés,
 - > la localisation des instabilités recensées,
 - > l'identification sur photos des principales discontinuités ou familles de discontinuités,
 - > les ouvrages de protection existants,
 - > les enjeux,
 - > pour chaque enjeu, le périmètre d'étude de l'aléa (zones de départ potentiel/d'instabilités) ;
- fiches descriptives des zones de départ
le Titulaire établira une fiche par zone de départ repérée, comprenant notamment :
 - un plan et des photos avec la délimitation de la zone de départ,
 - la localisation des prises de vue sur photo générale, angle de vue des photos,
 - l'identification sur photo des principales discontinuités ou familles de discontinuités,
 - dans la perspective d'une évaluation de l'aléa diffus,
 - > les observations faites par le Titulaire lors des reconnaissances de terrain,
 - > l'historique connu des éboulements/instabilités.
 - dans la perspective d'une évaluation de l'aléa par compartiment :
 - > les plans et/ou photos de la zone de départ avec localisation précise des compartiments,
 - > le recensement, référencement et établissement de la liste des compartiments potentiellement instables.
 - dans la perspective d'une évaluation de l'aléa dans les éventuelles zones non visitées :
 - > la localisation des zones non visitées,
 - > l'avis sur l'exhaustivité du recensement et des évolutions potentielles.
- fiches descriptives des compartiments
le Titulaire rédigera une fiche par compartiment repéré, incluant notamment :
 - des photos générales et de détail : pour chaque compartiment, au minimum une photo d'ensemble pour localiser le compartiment et des clichés de détail. Le Titulaire placera dans le champ de la prise de vue un étalon de longueur donnant l'échelle du cliché,
 - les caractéristiques géologiques (lithologie, etc.),
 - les principales dimensions – Indication de la classe de volume,
 - la position dans le front,
 - la caractérisation des discontinuités bordant le compartiment,
 - la typologie d'instabilité, mécanismes de rupture potentiels. Pour les compartiments de grande masse, avis sur la rupture partielle ou totale,

- l'analyse de la fracturation-fragmentabilité. Pour les compartiments de grande masse, estimation du nombre de blocs résiduels par classe de volume en cas de rupture,
- la présence de végétation et de circulations d'eau,
- la liste des enjeux menacés,
- l'estimation de la propagation, présence d'obstacles.

4.2.3. Études d'aléa

Éléments méthodologiques

Aléa ponctuel et aléa diffus**

On distinguera :

- l'aléa ponctuel (aussi nommé aléa localisé), qui concerne une masse rocheuse localisée et délimitée ; cette masse peut produire :
 - soit une chute de blocs ponctuelle : c'est-à-dire un mouvement d'un ou plusieurs blocs par chute libre, rebond ou roulement, avec peu d'interaction entre les blocs. La trajectoire et l'énergie des blocs peuvent être estimées en modélisant un simple bloc. Dans la pratique, le terme « chute de blocs » est souvent utilisé pour désigner des éboulements comportant peu de blocs,
 - soit un éboulement en masse : c'est-à-dire un mouvement dans lequel un grand nombre de blocs se déplacent à la manière d'un écoulement granulaire, par rebond ou roulement, voire chute libre. Le mouvement doit être modélisé en tenant compte de l'interaction entre blocs, ou a minima des hypothèses posées pour expliciter des trajectoires atypiques ;
- l'aléa diffus, qui concerne une zone au sein de laquelle la multiplicité des instabilités présentes sur un front ne permet pas de les désigner et de les décrire les unes indépendamment des autres. Le traitement d'une zone comme aléa diffus fera l'objet d'une validation par le Maître d'ouvrage, et doit s'appuyer sur les données historiques disponibles sur le terrain et auprès du Maître d'ouvrage.

Blocométrie

La classe d'instabilité correspond au volume des matériaux mis en jeu lors de la phase d'éroulement, ainsi qu'au volume unitaire des blocs produits.

Dans le cadre du présent marché :

- pierre : tout élément rocheux pouvant être évacué à main d'homme (une dizaine de dm³) ;
- bloc : tout élément nécessitant l'utilisation d'un engin pour son évacuation (de quelques dm³ à quelques m³) ;
- gros bloc ou masse : tout élément rocheux devant être fragmenté avant évacuation (supérieur au m³).

La notion de masse rocheuse sera évoquée pour la qualification d'un compartiment rocheux en place composé d'un ensemble de blocs, et susceptible de se fragmenter lors de la chute.

Sectorisation

La sectorisation de la zone d'étude revêt un enjeu important pour une correcte appropriation du document d'étude par le Maître d'ouvrage. Ainsi, l'organisation du site en un certain nombre de secteurs devra tenir compte des caractéristiques géologiques et géomorphologiques du versant étudié.

Un numéro d'identification sera affecté à chaque compartiment ou zone d'aléa diffus repéré et étudié, numéro qui devra permettre de le situer rapidement au sein de son environnement.

Il est ainsi proposé de retenir le numéro d'identification suivant :

- dans le cas d'un aléa ponctuel : S (indice de secteur) – C (indice de compartiment)
- dans le cas d'un aléa diffus : S (indice de secteur) – D (indice de zone d'aléa diffus)

Aléa de départ

L'aléa de départ (ou aléa de rupture) désigne le compartiment rocheux susceptible de s'écrouler et l'événement correspond à sa rupture (la probabilité est appréciée en fonction de facteurs déterminants). Il est qualifié par le spécialiste lors de sa visite de terrain.

Dans le cadre du présent marché, l'aléa de départ sera caractérisé en termes de :

- géométrie ;
- géologie ;
- mécanisme ;
- facteurs déclenchants probables ;
- probabilité de départ en fonction de la période de référence (ou fréquence temporelle pour un aléa diffus).

La description de l'aléa de départ devra inclure à minima :

- la localisation ;
- le volume (ou la surface) du compartiment rocheux ;
- le mécanisme de rupture ;
- sa probabilité d'occurrence dans la période d'étude.

Pour l'évaluation de l'aléa de départ, il sera appliqué les qualifications suivantes :

Liste / tableau à insérer

Dans le cas de l'aléa diffus, le Titulaire s'attachera à prendre en compte la probabilité d'événement au regard d'un nombre élevé de compartiments, ne permettant leur discrimination.

Prise en compte des conditions météorologiques

Le Titulaire est tenu de prendre en compte lors de l'évaluation de l'aléa de départ, les conditions météorologiques saisonnières susceptible d'affecter la vitesse d'évolution des compartiments.

Aléa de propagation

L'aléa de propagation recouvre toute la problématique de la zone couverte par le cheminement et la limite de la zone d'atteinte des blocs issus de l'écroulement.

Il est caractérisé par la spatialisation des trajectoires possibles : probabilité de propagation, hauteur de passage, volume, énergie, point d'arrêt.

Dans le cadre du présent marché, l'aléa de propagation sera estimé qualitativement ou quantitativement, avec ou sans l'appui d'études trajectographiques, sur la base d'une étude prenant en compte :

- les critères relatifs aux conditions de départ (hauteur de l'éventuelle chute libre, dynamique initiale, cinématique de la rupture, qualité du terrain au premier impact ;
- les critères relatifs au versant dans lequel se propagent les éboulis et, éventuellement, les caractéristiques des zones d'épandage (pentes du versant, relief, rugosité, obstacles anthropiques, permanents ou non, nature des sols du versant) ;
- les blocs : volume global de l'éboulement, taille unitaire des blocs susceptibles d'atteindre les enjeux, forme des blocs (élanement).

Les observations de site et analyses de terrain donnent à l'expert des éléments indispensables et parfois suffisants pour estimer l'aléa de propagation.

Des méthodes empiriques (type principe de la ligne d'énergie) ou déterministes (type modélisation des trajectoires en 2D ou 3D lorsque l'éboulement est sans interaction entre blocs) pourront être utilisées et sont laissées à l'initiative du Titulaire pour estimer l'emprise globale de propagation (enveloppe d'arrêt des blocs). Le recours à la méthode d'évaluation de l'aléa de propagation de son choix sera justifié par le Titulaire dans le livrable.

Pour la qualification de l'aléa de propagation, il sera appliqué les qualifications suivantes :

Liste / tableau à insérer

Dans le cas d'un aléa diffus, la qualification de l'aléa de propagation s'applique de façon similaire.

Prise en compte du couvert forestier

La prise en compte du couvert forestier sera appréciée par le Maître d'ouvrage sur la base des règles suivantes :

- s'il existe un arrêté préfectoral classant la commune en risque incendie, on ne tient pas compte de l'action de la végétation forestière ;
- dans les autres cas, la condition de sa prise en compte est que la longueur planimétrique de la bande boisée susceptible d'être parcourue par les blocs est à minima de 200 m.

Prise en compte des ouvrages existants

La prise en compte des ouvrages existants sera appréciée par le Maître d'ouvrage sur la base des éléments apportés par le Titulaire (diagnostic, capacité d'interception, etc.).

Prise en compte d'autres types d'obstacles

La prise en compte d'autres types d'obstacles (contre-pentes, blocs stabilisés dans la pente, etc.) sera appréciée par le Maître d'ouvrage sur la base des éléments apportés par le Titulaire.

Aléa résultant

Dans le contexte de prise en compte d'un risque rocheux, l'aléa résultant est la résultante des composantes aléa de départ et aléa de propagation. Il correspond à la probabilité d'atteinte* par un bloc d'un volume donné des points de la zone d'étude, pour la période d'étude considérée (période de référence*).

Dans le cadre du présent marché, il sera appliqué les qualifications suivantes pour définir l'aléa résultant :

Liste/matrice/tableau à insérer

Dans le cas de l'aléa diffus, la qualification de l'aléa résultant s'applique de façon similaire.

Études d'aléa

Dans le respect de la méthodologie et des objectifs de l'étude, le Titulaire évaluera les aléas résultants, ainsi que les incertitudes associées à son diagnostic. Cette analyse se fait uniquement sur le phénomène naturel, indépendamment de l'enjeu.

Suivant la typologie des instabilités présentées par le front rocheux, le Titulaire pourra être amené à qualifier l'aléa en identifiant des **compartiments individualisés (aléa ponctuel*)** au sein du front, ou bien en qualifiant un **aléa diffus*** dans l'ensemble d'un front ou secteur de front. L'exhaustivité du diagnostic, donc de l'identification des masses instables, est recherchée. Lorsque la multiplicité des instabilités présentes sur un front ne permet pas de les désigner et de les décrire les unes indépendamment des autres, le Titulaire décrira et qualifiera alors un aléa diffus caractéristique de ce front.

Que l'aléa soit ponctuel ou diffus, le Titulaire s'attachera à déterminer un **aléa de rupture***, un **aléa de propagation*** et un **aléa résultant***.

Dans le cas d'un aléa diffus, l'utilisation d'une approche globale pour évaluer directement l'aléa résultant pourra être justifiée dans le cas où l'historique d'événements passés est suffisant sur la zone d'étude.

4.3. Livrables

4.3.2. Livrables des analyses des données et visites de terrain

Un plan de situation générale avec la localisation des enjeux et des zones de départ

Le rapport de visite de site et d'analyse des données

Il comprendra :

- une description du contexte géologique, topographique, morphologique, hydraulique et environnemental ;
- une présentation des événements passés et des ouvrages de protection existants le cas échéant ;
- une description des mécanismes d'évolution du versant et des phénomènes en découlant. Dans le cas de la mise en œuvre d'une analyse structurale, les types de stéréogrammes et les conventions utilisés (supérieur ou inférieur) devront être précisés. Dans un contexte d'aléa diffus, la notion « d'activité » du front pourra éventuellement être utilisée ;

- une vue générale du site visualisant :
 - le cheminement suivi pour les reconnaissances (pied, cordes, hélico, drone), avec éventuellement une localisation des points d'observation,
 - l'indication des secteurs non visités,
 - la localisation éventuelle sur une photographie générale des prises de vue de détail, angle de vue des photos,
 - la sectorisation de la zone d'étude,
 - le recensement des événements passés : phénomènes historiques, blocs éboulés,
 - la localisation des instabilités recensées,
 - l'identification éventuelle (si possible) sur photographie des principales discontinuités ou familles de discontinuités,
 - les ouvrages de protection existants,
 - les enjeux, les enjeux linéaires pouvant être découpés en fonction, par exemple, de leur niveau d'exposition,
 - pour chaque enjeu, le périmètre d'étude de l'aléa (zones de départ potentiel).

Des fiches « Zones de départ »

Des fiches décrivant les zones de départ seront établies, à raison d'une fiche par zone de départ comprenant :

- un plan et/ou une photographie avec la délimitation de la zone de départ ;
- la localisation des prises de vue sur photo générale, angle de vue des photos ;
- l'identification sur photographie des principales discontinuités ou familles de discontinuités ;
- dans la perspective d'une évaluation de l'aléa diffus :
 - observations faites lors des reconnaissances de terrain,
 - historique connu des éboulements ;
- dans la perspective d'une évaluation de l'aléa par compartiment :
 - plan et/ou photo de la zone de départ avec localisation précises des compartiments,
 - recensement, référencement et établissement de la liste des compartiments potentiellement instables,
 - observations faites lors des reconnaissances de terrain,
 - historique connu des éboulements ;
- dans la perspective d'une évaluation de l'aléa résiduel de chute d'un compartiment :
 - localisation des zones non visitées,
 - avis sur l'exhaustivité du recensement et des évolutions potentielles.

Des fiches « Compartiment instable »

Chaque compartiment instable identifié fera l'objet d'une fiche descriptive contenant les éléments suivants :

- des photographies générales et de détails ;
- les caractéristiques géologiques ;
- les dimensions, indication de la classe de volume ;
- la position dans le front ;
- la caractérisation des discontinuités isolant le compartiment ;
- la typologie de l'instabilité ainsi que les mécanismes de rupture potentiels ;
- l'analyse de la fracturation du compartiment et de sa fragmentabilité ;
- la description de la végétation éventuellement présente ainsi que des circulations d'eau ;
- la liste des enjeux menacés ;
- l'estimation de la propagation en précisant l'éventuelle présence d'obstacles et leur prise en compte.

4.3.2. Livrables des études d'aléa

Les différents rapports – Études préparatoire, Analyse des données et visites, Études d'aléa - peuvent éventuellement être mutualisés, mais les livrables finaux de ce marché devront présenter les éléments suivants :

- la liste des données d'entrée ;
- une carte informative des phénomènes passés
- le rapport d'étude d'aléa de chacun des compartiments (et zones d'accumulation) potentiellement instables recensés ;
- le rapport d'étude de l'aléa diffus ;
- la définition de l'aléa résultant au niveau des enjeux pour chacun des compartiments ou des zones d'aléa potentielles identifiées, et faisant intervenir :
 - le type et le volume des compartiments attendus,
 - leurs trajectoires,
 - le rôle des ouvrages existants ;
- éventuellement, des précisions sur les dégâts potentiels sur les enjeux ;
- les hypothèses de calculs et les résultats des simulations trajectographiques (logiciels, outils utilisés y compris pour la topographie) ;
- un rendu cartographique des zones d'épandage ;
- la définition et la représentation cartographique des sections d'enjeux présentant un niveau d'aléa résultant homogène ;
- la présentation des résultats dans un tableau synthétique intégrant l'ensemble des données ci-dessus ;
- les incertitudes qui restent à lever, notamment concernant les études de terrain complémentaires nécessaires à la définition des parades ;
- les limites de l'étude.

Pour tous les rendus cartographiques, l'échelle sera indiquée sur les documents et adaptée au contenu pour permettre une visualisation aisée des objets.

Chapitre 5 - Contrat n° 3 - Étude des parades possibles

Référence normative : NF P94-500 (2013) - Mission G2 AVP

La mission « Etude des parades possibles » s'inscrit dans la mission géotechnique de conception (G2) au sens de la norme NF P94-500, et la complète dans la mesure où il est également demandé un pré-chiffrage des différentes solutions de travaux, ainsi que des contraintes occasionnées par celles-ci au niveau des enjeux.

Elle est réalisée à la suite d'une étude de site (G1) « Etude détaillée de l'aléa résultant », et en amont d'une étude géotechnique de conception (G2) « Dimensionnement de la solution de parade ».

L'objectif de la mission est de proposer, au choix du Maître d'ouvrage, différentes options de sécurisation des enjeux définis, qualifiées selon différents critères permettant une analyse coût/bénéfice facilitée.

5.1. Données d'entrée

Les données d'entrées nécessaires à la bonne réalisation de la mission « Étude des parades possibles » correspondent aux livrables définis dans le chapitre précédent, « Contrat n° 2 - Étude détaillées de l'aléa résultant », augmentés des points suivants :

Objectifs de protection

Les objectifs spécifiques par rapport à la protection du site sont les suivants :

(à compléter par le MOA)

Contraintes

Les contraintes spécifiques connues sur la zone d'étude sont les suivantes : ...

Autres éléments (options)

- limitations du cadre d'étude ;
- aléa résiduel* accepté ;
- analyse de risque ;
- grille d'analyse multicritère ;
- critères de priorisation ;
- ...

5.2. Contenu de la mission

5.2.1. Phase préparatoire d'appropriation des données d'entrée

Le Titulaire bureau d'études analysera la documentation transmise (§ 5.1), évaluera leur degré de fiabilité et en extraira les données pertinentes.

Si le Titulaire n'assume pas la responsabilité des données d'entrée qui lui sont fournies, il devra émettre un avis sur celles-ci et pointer d'éventuelles réserves.

5.2.2. Visite de terrain dédiée aux parades

La visite du terrain par le Titulaire est indispensable à l'accomplissement de la mission.

5.2.3. Prestations complémentaires

Les éventuelles prestations complémentaires nécessaires à l'accomplissement de la mission (survol hélicoptérés, levés topographiques, investigations géotechniques, etc.) seront prises en charge par le Maître d'ouvrage sur indications du Titulaire au démarrage de l'étude et pourront faire l'objet de point d'arrêt de la présente mission.

5.2.4. Étude des solutions envisageables

Cette phase comprend les éléments suivants :

Pré-dimensionnement des parades envisageables

Le Titulaire étudiera la faisabilité et proposera plusieurs propositions de parades permettant d'amener l'aléa résiduel au niveau souhaité par le Maître d'ouvrage (cf. § 5.1 – objectifs de protection).

Estimation chiffrée des différentes solutions

Le Titulaire proposera des ordres de prix pour chacune des solutions proposées, en termes d'investissement et d'entretien prévisible durant la durée de vie des ouvrages.

Pour chacune des solutions envisagées, détermination des caractéristiques suivantes :

- contraintes techniques de réalisation pour chacune des solutions ;
- contraintes administratives ;
- modalités d'exploitation des enjeux lors des travaux de mise en place et des interventions de maintenance
- description détaillée des interventions à mener par atelier (débroussaillage et purges/minage/ouvrages)
- pérennité de chacun des ouvrages ;
- contrainte d'entretien / maintenance ;
- éventuels critères complémentaires ;
- détermination de l'aléa résiduel.

5.2.5. Comparaison par analyse multicritère

Analyse multicritère

Le Titulaire réalisera une comparaison des différentes parades envisagées grâce à une analyse multicritère, sur la base des critères déterminés dans la phase précédente :

- coûts estimatifs d'investissement et d'entretien ;
- contraintes techniques de réalisation ;
- contraintes administratives ;
- pérennité ;
- entretien / maintenance ;
- aléa résiduel ;
- critères complémentaires :
 - contraintes d'exploitation,
 - impact visuel,
 - impacts environnementaux,
 - ...

Proposition de priorisation (option)

À la demande du Maître d'ouvrage, le Titulaire pourra être amené à prioriser les interventions à mener sur le site à sécuriser.

5.2.6. Définition des incertitudes

Le Titulaire fournira une synthèse des incertitudes concernant les solutions proposées, accompagnée des pistes proposées pour les lever.

5.3. Livrables

Le rapport d'étude comprend les plans et l'ensemble des phases de l'étude :

- la synthèse et l'analyse des données d'entrées ;
- la présentation des différentes solutions envisageables et leur pré-dimensionnement technique ;
- l'implantation des différentes solutions sur planche photographiques et/ou fond topographique avec identification de chaque ouvrage par un numéro propre
- l'estimation financière ainsi que les caractéristiques listées au paragraphe 5.2.4 propres à chaque solution ;
- l'analyse multicritère ;
- la priorisation des travaux proposée (si demandée) ;
- un rappel des principales décisions prises par les parties aux différentes étapes de l'étude ;
- un modèle géotechnique au stade AVP ;
- les incertitudes et la liste des besoins nécessaires pour la réalisation de la mission « Dimensionnement de la solution de parade ».

Chapitre 6 - Contrat n° 4 - Dimensionnement de la solution de parade retenue

Référence normative : NF P94-500 (2013) - Mission G2 PRO

La mission « Dimensionnement de la solution de parade » s'inscrit dans la mission géotechnique de conception (G2) au sens de la norme NF P94-500, et la complète dans la mesure où il est également demandé un planning prévisionnel des travaux et un chiffrage des travaux.

Elle est réalisée à la suite d'une étude géotechnique de conception (G2) « Étude des parades possibles ».

L'objet de la mission est de dimensionner le ou les ouvrages retenus à l'issue de la mission « Étude des parades possibles », d'établir le métré, les conditions de réalisation et le planning des travaux.

Considérant que les hypothèses géotechniques prises en compte dans le dimensionnement de nombre de ces ouvrages sont établies à dire d'expert, et par dérogation à la norme NF P94-500, le Titulaire porte la responsabilité du dimensionnement des ouvrages, à l'exception des écrans pare-blocs.

6.1. Données d'entrée

Les données d'entrées nécessaires à la bonne réalisation de la mission « Dimensionnement de la solution de parade » correspondent aux livrables de la mission « Étude des parades possibles », augmentés des points suivants :

Solution de travaux retenue

Le Titulaire dimensionnera la solution de travaux suivante, retenue à l'issue de l'étude AVP : ...

Enveloppe financière

Les travaux proposés ne devront pas dépasser un montant de XX.

Contraintes

Les travaux définis ci-dessus sont soumis aux contraintes suivantes, inhérentes au site :

- .. ;
- ..

6.2. Contenu de la mission

6.2.1. Phase préparatoire d'appropriation des données d'entrée

Le Titulaire bureau d'études analysera la documentation transmise (§ 6.1), évaluera leur degré de fiabilité et en extraira les données pertinentes.

Si le Titulaire n'assume pas la responsabilité des données d'entrée qui lui sont fournies, il devra émettre un avis sur celles-ci et pointer les réserves correspondantes.

6.2.2. Visite de terrain dédiée à la solution de parade

La visite du terrain par le Titulaire est indispensable à l'accomplissement de la mission.

6.2.3. Prestations complémentaires

Les éventuelles prestations complémentaires nécessaires à l'accomplissement de la mission (survol hélicoptérés, levés topographiques, investigations géotechniques, etc.) seront prises en charge par le Maître d'ouvrage, après accord de celui-ci, sur indications du titulaire.

6.2.4. Définition de la solution

L'étude de projet devra :

- décrire précisément et dimensionner les différentes parades, établir les implantations sur plans ou photos, ainsi que les coupes et vues en plan si nécessaires ;
- établir un avant métré et un coût prévisionnel des travaux ;
- déterminer le planning et les conditions de réalisation des parades (tâches élémentaires) par nature de travaux à réaliser et par secteur, y compris la définition des conditions d'exploitation des enjeux à sécuriser en phase chantier.

6.3. Livrables finaux

Les documents produits lors de cette étude comprendront les éléments graphiques suivants :

- le(s) plan(s) de situation ;
- les plans techniques des ouvrages, incluant une vue en plan et des profils types explicatifs ;
- les plans de détail pour des parties significatives d'ouvrages ;
- le positionnement des parades sur des planches photographiques (sous différents angles de vue) ;
- éventuellement, des recommandations générales liées à la sécurité du chantier ;
- éventuellement, des plans des principes d'installation et d'accès de chantier (sur des chantiers complexes).

Les documents suivants seront également produits :

- une description détaillée des parades et des spécifications techniques définissant les exigences qualitatives et fonctionnelles, ainsi que les performances attendues (pour les écrans, les ancrages, les merlons, galeries/casquettes, les butons, etc.) ;
- les natures et caractéristiques des parades et de leurs matériaux ;
- une note sur les hypothèses retenues pour les calculs justificatifs ;
- tous les calculs nécessaires au dimensionnement des ouvrages (note de dimensionnement des confortements, simulations trajectographiques, etc.) ;
- un avant-métré ;
- les contraintes et modes généraux de mise en œuvre ;
- une présentation du coût prévisionnel des travaux ;
- un planning prévisionnel d'exécution des travaux.

Chapitre 7 - Contrat n° 5 - Supervision du suivi d'exécution

Référence normative : NF P94-500 (2013) – Mission G4

La mission « Supervision du suivi d'exécution » s'inscrit dans la mission supervision géotechnique de conception (G4) au sens de la norme NF P94-500, et la complète dans la mesure où il est demandé au Titulaire de réaliser une mission d'assistance à Maître d'ouvrage.

Elle est réalisée lors des travaux de mise en œuvre des parades et ouvrages de sécurisation.

L'objet de la mission est de procéder contradictoirement à l'implantation des ouvrages sur le terrain avec l'Entreprise, de participer aux nécessaires adaptations des ouvrages au site et d'apporter une assistance au Maître d'ouvrage durant toute la durée du chantier et lors des opérations préalables à la réception.

Considérant que les hypothèses géotechniques prises en compte dans le dimensionnement de nombre de ces ouvrages sont établies à dire d'expert, et par dérogation à la norme NF P94-500, le Titulaire porte la responsabilité de l'implantation des ouvrages sur site, ainsi que l'adaptation de ces derniers au terrain, à l'exception des écrans pare-blocs pour ce dernier point.

7.1. Données d'entrée

Les données d'entrées nécessaires à la bonne réalisation de la mission « Supervision du suivi d'exécution » correspondent aux livrables définis dans la mission « Dimensionnement de la solution de parade », augmentés des points suivants :

Objet de la mission

La mission a pour objet la mise en œuvre, sur le site de [Commune/Lieu-dit/Infrastructure...], des ouvrages décrits ci-dessous :

- ..
- ..

Planning de travaux

Les travaux seront réalisés du XX au XX.

Modalité d'exploitation des enjeux à sécuriser en phase chantier

Les travaux seront réalisés avec les modalités d'exploitation suivantes :

- ..
- ..

Contraintes

Les travaux définis ci-dessus sont soumis aux contraintes suivantes, inhérentes au site :

- ..
- ..

7.2. Contenu de la mission

7.2.1. Phase préparatoire d'appropriation des données d'entrée

Le Titulaire bureau d'études analysera la documentation transmise (§7.1), évaluera leur degré de fiabilité et en extraira les données pertinentes.

Si le Titulaire n'assume pas la responsabilité des données d'entrée qui lui sont fournies, il devra émettre un avis sur celles-ci et pointer les réserves correspondantes.

7.2.2. Visite de terrain dédiée à la solution de parade

La visite du terrain par le Titulaire est indispensable à l'accomplissement de la mission.

7.2.3. Prestations complémentaires

Les éventuelles prestations complémentaires nécessaires à l'accomplissement de la mission (survol hélicoptés, levés topographiques, etc.) seront prises en charge par le Maître d'ouvrage, après accord de celui-ci, sur indications du titulaire.

7.2.4. Supervision du suivi d'exécution

La mission de supervision du suivi d'exécution comprend :

- la participation à la réunion de préparation ainsi qu'à la première réunion de chantier ;
- l'implantation contradictoire avec l'Entreprise des ouvrages sur site ;
- l'adaptation des ouvrages au terrain, à l'exception des écrans pare-blocs ;
- le contrôle des procédures et l'agrément des matériaux ;
- le contrôle et la validation des plans de tir le cas échéant ;
- le suivi, et la réception en cours de chantier, des travaux de purges et minages éventuels ;
- le contrôle des quantités mises en œuvre sur le chantier
- le suivi des essais prévus au marché de travaux ;
- l'assistance au Maître d'ouvrage lors des opérations préalables à la réception des ouvrages et travaux ;
- le contrôle du DOE et sur les documents fournis pour le DU10.

En sus de ces prestations, le prestataire pourra être amené à participer, à la demande du Maître d'ouvrage, aux réunions de chantier.

Chacune des interventions du prestataire fera l'objet d'une note technique écrite à destination du Maître d'ouvrage.

7.3. Livrables finaux

Les documents produits lors de cette étude comprendront les éléments suivants :

- les rapports d'intervention sur chantier ;
- les avis et notes techniques ;
- les notes de calculs concernant les adaptations des ouvrages en phase chantier, à l'exception des écrans pare-blocs.

© 2021 - Cerema

Cerema - Climat & territoires de demain

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre de ressources et d'expertise, il a pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires: collectivités territoriales, services de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises.

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (loi du 11 mars 1957). Cette reproduction par quelque procédé que se soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Coordination et suivi d'édition › Cerema Infrastructures de transport et matériaux, Département de la valorisation technique, Pôle édition multimédia.

Mise en page › Cerema

Illustration couverture › © CD 73

Février 2021

ISBN : 978-2-37180-503-3

ISSN : 2276-0164

Téléchargement gratuit

Éditions du Cerema

Cité des mobilités

25 avenue François Mitterrand

CS 92 803

69674 Bron Cedex

Pour commander nos ouvrages › www.cerema.fr

ou par mail › bventes@cerema.fr

www.cerema.fr › Nos publications

La collection « Références » du Cerema

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire...), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Cahier des charges techniques pour la réalisation d'études de l'aléa éboulement rocheux et définition de travaux

Dans le cas d'aléas naturels de type éboulements rocheux susceptibles de menacer des personnes et des biens, il convient de réaliser des études spécifiques visant à définir au mieux mesures de mitigation, dont les parades de protections à mettre en place.

Le présent guide, à destination des Maîtres d'ouvrage, propose un cadre méthodologique permettant l'élaboration d'un cahier des charges adapté à ce type de mission. Il est composé d'un cahier des clauses techniques particulières type ainsi que d'une notice d'accompagnement destinée à en faciliter la lecture et l'élaboration. Il s'inspire de la norme NF P94-500 relative aux missions d'ingénierie géotechniques, les 5 étapes clés d'une étude de l'aléa éboulement rocheux et la définition de travaux : la définition de l'étude d'aléa (chapitre 2), l'étude détaillée de l'aléa résultant (chapitre 3), l'étude des parades possibles (chapitre 4), le dimensionnement de la solution de parade retenue (chapitre 5), la supervision du suivi d'exécution (chapitre 6). Les nombreux exemples et recommandations présentés dans la notice d'accompagnement permettront à chaque Maître d'ouvrage d'ajuster le cahier des charges au plus près de ses enjeux et de ses besoins.

Sur le même thème, les autres publications du Projet C2ROP

Axe Aléas

Glossaire du risque rocheux

Caractérisation de l'aléa éboulement rocheux : État de l'art

Axe Parades

Merlons pare-blocs : Recommandations pour la conception, le suivi de réalisation et la maintenance

Les Ouvrages Déflecteurs : Guide technique

Surveillance instrumentale pour la gestion du risque rocheux : Guide technique

Axe Risque

Prise en compte des risques rocheux par les Maîtres d'Ouvrage gestionnaires d'infrastructures : Recommandations

Cahier des charges type pour l'étude de l'aléa éboulement rocheux et la définition des travaux

Cahier des charges type pour les travaux de protection contre les éboulements rocheux

Mémento des ouvrages de protection contre les éboulements rocheux : Maintenance et Coûts

Aide à la formalisation de retours d'expérience à la suite d'un événement rocheux sur infrastructures de transport : Note méthodologique

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment

Téléchargement gratuit

ISSN : 2276-0164

ISBN : 978-2-37180-503-3



Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement - www.cerema.fr

Infrastructures de transport et matériaux - 110 rue de Paris - 77171 Sourdun - Tél. +33 (0)1 60 52 31 31

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél. +33 (0)4 72 14 30 30