



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



# Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode pour évaluer le risque chute de blocs à l'échelle du département de l'Aude.

Rapport d'étude

Mars 2025

N° NOVA : 22-OC-0092



Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

**Site web : [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)**

# Aléa rocheux et mobilité

|   |
|---|
| <b>Joël MBALLA – Département Territoires – Groupe Mobilité</b>              |
| Tél. : +33(0)5 62 25 97 82  |
| Courrier : <a href="mailto:joel.mballa@cerema.fr">joel.mballa@cerema.fr</a> |
| Direction Territoriale Occitanie – 1 avenue Colonel Roche 31400 Toulouse    |

## Historique des versions du document

| Version | Date       | Commentaire                                     |
|---------|------------|---|
| V0      | 19/09/2024 | Partie enjeu mobilité à compléter               |
| V1      | 06/10/2024 | Partie aléa rocheux à compléter                 |
| V2      | 11/10/2024 | Partie risque rocheux et conclusion à compléter |
| V3      | 25/10/2024 | Prise en compte relectures                      |
| VFinale | 17/03/2025 | Accord CD11 publication                         |

## Références

N° d'affaire : 22-OC-0092

Partenaires : Conseil Départemental de l'Aude

Devis n° : OPPO-2022-009313

| Nom                    | Service                   | Rôle                    | Date       | Visa |
|------------------------|---------------------------|-------------------------|------------|------|
| Mballa Joël            | Cerema Occ / DT / MOB     | <b>Auteur principal</b> | 10/03/2025 |      |
| Amice Frank            | Cerema Occ / DT / MOB     | Rédacteur               | 01/12/2024 |      |
| Wollscheidt Vincent    | Cerema Occ / DIRIS / RIGG | Rédacteur               | 10/03/2025 |      |
| Loly Ramos Sevillano   | Cerema Occ / DT / MOB     | Contributeur            | 22/04/2024 |      |
| Julien Schiano di cola | Cerema Occ / DT / MOB     | Contributeur            | 22/12/2023 |      |
| Virely Didier          | Cerema Occ / DIRIS / RIGG | Relecteur               | 10/03/2025 |      |
| Gautier Quentin        | Cerema Occ / DT           | Valideur                | 25/10/2024 |      |
| Pascal Sauvagnac       | Cerema Occ / DIRIS        | Valideur                | 25/10/2024 |      |

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

## Résumé de l'étude

La gestion des risques naturels, en particulier des chutes de blocs, est un enjeu majeur pour le Conseil Départemental de l'Aude (CD11).

Dans ce cadre, la Direction des Routes et des Mobilités du CD11 a établi un partenariat avec le Cerema pour développer une approche pragmatique et efficace pour l'évaluation de ce risque. L'objectif de cette collaboration est de développer un outil d'aide à la décision permettant au CD11 d'identifier et de hiérarchiser de manière objective les parties de son réseau routier les plus vulnérables vis-à-vis du risque chutes de blocs, au regard des enjeux de mobilité que présentent les différentes parties du réseau routier.

Ce partenariat répond à une problématique amplifiée par le changement climatique, qui impose des interventions fréquentes sur le réseau routier, tout en allouant les ressources financières du département de manière stratégique dans un contexte contraint. Le Cerema apporte son expertise technique en matière d'identification de l'aléa rocheux et d'évaluation des enjeux de mobilité. La méthodologie adoptée pour la mobilité intègre divers paramètres liés à l'utilisation des routes (domicile-travail, tourisme, secours, etc.), au-delà du simple trafic routier.

En combinant l'évaluation de l'aléa rocheux et des enjeux de mobilité, le Cerema a fourni au CD11 un outil visuel facilitant la lecture des informations, afin de permettre un passage à l'action plus efficace.

## 5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

|                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| <b>Mobilité</b>             | <b>Aléa rocheux</b>          |
| <b>Risques</b>              | <b>Trafic</b>                |
| <b>Motif de déplacement</b> | <b>Infrastructure</b>        |
| <b>Résilience</b>           | <b>Gestion de patrimoine</b> |
| <b>Aude</b>                 | <b>Occitanie</b>             |

## Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

# Sommaire

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Evaluation de l'enjeu mobilité</b>   | <b>8</b>  |
| 2.1      | <b>Le principe du calcul de l'enjeu mobilité</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1.1    | L'objectif  | 8         |
| 2.1.2    | Evaluer l'enjeu mobilité : Pratiques courantes au Cerema  | 8         |
| 2.1.3    | Les trois indicateurs de l'enjeu mobilité   | 8         |
| 2.2      | <b>La méthode de calcul</b>   | <b>9</b>  |
| 2.2.1    | Valeur de l'indicateur quantitatif  | 9         |
| 2.2.2    | Valeur de l'indicateur qualitatif   | 10        |
| 2.2.3    | Valeur de l'indicateur « potentiel d'utilisation des sections en itinéraire de substitution »<br>16 |           |
| 2.3      | <b>Résultat de l'enjeu mobilité</b>   | <b>17</b> |
| <b>3</b> | <b>Evaluation de l'aléa rocheux</b>   | <b>20</b> |
| 3.1      | <b>Le principe d'évaluation de l'aléa rocheux</b>   | <b>20</b> |
| 3.2      | <b>Détermination des classes d'aléa</b>   | <b>20</b> |
| 3.2.1    | Par la collecte d'évènement   | 20        |
| 3.2.2    | Par la visite experte du Cerema   | 20        |
| 3.3      | <b>Résultat de l'aléa rocheux</b>   | <b>25</b> |
| <b>4</b> | <b>Le risque chute de blocs</b>   | <b>27</b> |
| 4.1      | <b>Le principe d'évaluation du risque</b>   | <b>27</b> |
| 4.2      | <b>La méthode utilisée</b>  | <b>27</b> |
| 4.2.1    | La méthode combinée   | 27        |
| 4.3      | <b>Résultat du risque chute de blocs</b>  | <b>29</b> |
| 4.3.1    | Cartographie des sections à risques   | 29        |
| 4.3.2    | Outil de visualisation des risques  | 31        |
| 4.4      | <b>L'importance de faire vivre cette base de données</b>  | <b>31</b> |
| 4.4.1    | La couche évènement   | 31        |
| 4.4.2    | Le champ équipement   | 32        |
| 4.4.3    | Qfield  | 32        |
| <b>5</b> | <b>Conclusion</b>   | <b>33</b> |
| 5.1      | <b>Pourquoi une collectivité se lancerait dans ce type d'étude ?</b>                                | <b>33</b> |
| 5.1.1    | Pour des questions de sécurité des usagers  | 33        |
| 5.1.2    | Pour des questions de préservation de l'infrastructure  | 33        |
| 5.1.3    | Pour des questions de réduction des coûts à long terme  | 33        |
| 5.1.4    | Pour des questions de responsabilité juridique  | 33        |

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 5.1.5    | Pour des questions de gestion de crises .....                      | 34        |
| 5.1.6    | Pour des questions d'adaptation au changement climatique .....     | 34        |
| 5.1.7    | Pour des questions d'attractivité du territoire .....              | 34        |
| 5.1.8    | Pour des questions de sensibilisation des élus du territoire ..... | 34        |
| <b>6</b> | <b>Glossaire.....</b>  | <b>35</b> |
| <b>7</b> | <b>Table des illustrations .....</b>                               | <b>37</b> |
| 7.1      | Photos .....   | 37        |
| 7.2      | Schéma .....   | 37        |
| 7.3      | Cartes.....  | 37        |

# 1 INTRODUCTION

Les départements, en tant qu'échelon territorial intermédiaire entre les communes et les régions, jouent un rôle clé dans des domaines essentiels tels que l'action sociale, l'éducation, les infrastructures de transport, l'aménagement du territoire, la culture, la sécurité et le tourisme. Dans le département de l'Aude, la Direction des routes et des mobilités gère un réseau routier de près de 4700 kilomètres, dont une part importante est située en zone montagneuse. Le maintien de ce réseau à un niveau de service optimal génère des coûts importants, particulièrement affectés par les impacts du changement climatique, poussant le département à optimiser ses ressources financières.

Pour mieux anticiper et gérer les risques liés aux chutes de blocs, la Direction des Routes du Conseil départemental de l'Aude a sollicité le Cerema. Cette étude vise à développer une méthode de priorisation zones à traiter face au risque constitué par l'aléa chute de blocs sur les itinéraires routiers. Cette priorisation permettra dans un second temps au CD11, d'optimiser ses investissements en matière de sécurisation du réseau routier.

Le Cerema a mis en place une méthode innovante d'évaluation des enjeux de mobilité et des risques liés à l'aléa rocheux sur le réseau routier départemental. Cette méthode permet d'identifier les parties de route les plus exposés et les plus critiques en termes de mobilité, afin d'orienter les priorités de sécurisation.

Le rapport est structuré en quatre parties :

La première partie porte sur l'évaluation de l'enjeu de mobilité. Elle vise à expliquer la méthode mise en place pour estimer cet enjeu à l'échelle du réseau routier du département et présente les résultats sur fond cartographique.

La deuxième partie traite de l'évaluation de l'aléa rocheux. Cette partie aborde la méthode mise en place et présente les résultats cartographiques.

La troisième partie présente l'évaluation faite du risque de chute de blocs au regard de l'enjeu mobilité, la méthode suivie pour évaluer le risque et la carte illustrant le résultat.

La conclusion fait office d'ouverture sur l'intérêt de développer ce type d'étude pour une collectivité et les points de vigilance.

## 2 EVALUATION DE L'ENJEU MOBILITE

L'objectif principal de cette partie est de présenter la méthode, le résultat et les limites de cette analyse.

### 2.1 Le principe du calcul de l'enjeu mobilité

#### 2.1.1 L'objectif

La méthode vise à caractériser l'**enjeu** des **sections** routières du **réseau routier du département** en termes de **mobilité** des personnes et des biens. Une **section** est une route du **réseau départemental** située **entre deux intersections**.

Dans cette analyse, les routes communales, rurales, nationales et autoroutes sont exclues de l'étude. Le **périmètre** est donc limité à la **voirie départementale** et **ses usagers** en modes motorisés (automobiles, poids-lourds, autobus et autocars) et mécanisés (vélos).

#### 2.1.2 Evaluer l'enjeu mobilité : Pratiques courantes au Cerema

Le point innovant de cette étude est lié à l'approche multicritère de l'**enjeu mobilité** intégrant différents **motifs de déplacement**. Dans les études de risques sur des infrastructures, les postulats suivants sont souvent retenus pour la mobilité :

- L'**enjeu** mobilité est le même quel que soit la voirie. Dans ce cas, les spécificités liées aux trafics et **motifs d'usage** de la route ne sont pas retenus. Par exemple, l'étude d'itinéraire vis-à-vis de l'aléa rocheux réalisé sur la RN 116 entre Prades et Bourg-Madame par le Cerema Occitanie pour le compte de la Dirso.
- L'**enjeu** mobilité est lié aux données de trafic journaliers annuels. La mobilité est alors caractérisée par les Trafics Moyen Journaliers Annuels (TMJA) ou en Unité de Véhicules Personnels (UVP). Dans ce cas, tous les modes de transport ne sont pas pris en compte (vélos...), ni les motifs d'utilisation de la route. Par exemple, l'étude réalisée par le Cerema Sud-Ouest visant à estimer l'impact économique d'une coupure d'un accès routier aux territoires andorrans et ariégeois pour le compte de la Dirso.
- L'**enjeu** mobilité est estimé à partir du croisement des données de coût de déplacement (valeur du temps de déplacement moyen du transport de voyageurs et de marchandises), de trafic (TMJA), d'un taux de remplissage moyen des véhicules (nombre de personnes par voiture et tonnage moyen pour les poids-lourds) et de la vitesse de déplacement pour chaque **section** routière (vitesse moyenne retenue selon la géométrie des voies et le type de véhicule). Dans ce cas, les **motifs de déplacement** ne sont pas pris en compte.

#### 2.1.3 Les trois indicateurs de l'enjeu mobilité

Dans la présente étude, afin d'intégrer un large panel de **motifs de déplacement**, l'**enjeu** mobilité repose sur **trois indicateurs**. Il résulte de la combinaison des notes (valeurs) attribuées à chacun de ces **trois indicateurs**.

##### 2.1.3.1 Indicateur quantitatif

Cet **indicateur** dit quantitatif vise à identifier les **sections** du réseau routier départemental selon leur niveau de **trafic**. Le **paramètre** servant à évaluer cet indicateur est construit à partir des données de **TMJA**. Nous avons ensuite attribué une note sur 10 à cet indicateur. La **valeur** de cet **indicateur** participe à hauteur de 30% de l'**enjeu** mobilité.

##### 2.1.3.2 Indicateur qualitatif

Cet **indicateur** dit qualitatif vise à identifier les **usages** principaux d'utilisation des **sections** du réseau routier départemental selon les modes de transport (Transport collectifs, poids lourds, vélo) et les **motifs de déplacement** (travail, étude tourisme et secours). Les **sept types de déplacements** ont été retenus pour le calcul de l'**indicateur** dit qualitatif sont les suivants : Les vélos au travers des véloroutes, le transport routier de marchandises, les transports en commun (Lio car, Régie des Transports de

#### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Carcassonne Agglo et Citibus), les trajets liés au tourisme, les trajets des secours (pompiers et gendarmerie), les trajets domicile-étude (collèges et lycées) et les trajets domicile-travail.

La note de cet **indicateur** est essentiel. Il permet de caractériser les données quantitatives en identifiant les **usages** du trafic local du département. Nous avons attribué à cet **indicateur** une note sur 10. De par sa complémentarité avec la note quantitative et son aspect de caractérisation du trafic local, cet **indicateur** participe à hauteur de 50% pour l'**enjeu** mobilité.

### 2.1.3.3 Indicateur du « potentiel d'utilisation des sections en cas d'évènement ».

Cet **indicateur** vise à identifier le potentiel d'utilisation des **sections** en itinéraire de substitution en cas d'évènement entraînant une fermeture (éboulement...).

Le manque de connaissance des matrices origine-destination de tous les déplacements du département nous a poussé à simplifier notre approche de la manière suivante :

En cas d'évènement sur une **section** (éboulement entraînant sa fermeture), le conducteur **privilégiera** parmi son panel plus ou moins large de **sections** encore ouvertes, celle qui aura une géométrie de voie la **plus large** et la **moins sinueuse**.

L'absence d'information sur la sinuosité des **sections** nous a fait retenir deux **paramètres** pour calculer la valeur de cet **indicateur** : la géométrie des voies et le maillage du réseau. Plus une section est maillée plus le conducteur aura du choix dans son itinéraire de substitution. Ainsi, par ordre d'importance suite à un évènement, les sections sans issues sont les plus vulnérables (à cause de l'absence d'itinéraire de substitution) et les **sections** les plus larges seront les plus utilisées.

Le calcul de la valeur de cet **indicateur** est basé sur le **paramètre** géométrie des voies et maillage du réseau. Sa valeur se traduit par une note sur 10. Cette note participe à hauteur de 20% de l'**enjeu** mobilité.

## 2.2 La méthode de calcul

### 2.2.1 Valeur de l'indicateur quantitatif

Comme présenté dans le § [2.1.3.1](#), l'indicateur quantitatif vise à identifier les sections du réseau routier départemental selon leur niveau de trafic à partir d'un seul paramètre : le TMJA.

#### 2.2.1.1 Le paramètre Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA)

C'est le nombre de véhicules lourds et légers circulant sur une section, au cours d'une journée. Cette donnée est obtenue en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules (lourds et légers) circulant sur cette section tous sens confondus.

Les données de trafic proviennent de deux sources :

1. Opendata du CD11 : Nous avons utilisé les données de trafic de l'année 2019 pour les comptages permanents et temporaires, en les attribuant aux sections correspondantes. Lorsque les comptages temporaires pour 2019 n'étaient pas disponibles, nous avons calculé la moyenne des trafics annuels enregistrés par les compteurs du CD11 sur la période 2014-2021, lorsque les données étaient disponibles. Ensuite, pour chaque année, nous avons calculé un pourcentage d'évolution du trafic par rapport à 2019. L'année de référence est celle avec le trafic le plus élevé en dehors de la période de pandémie. Ce pourcentage d'évolution a ensuite été appliqué aux comptages temporaires sélectionnés en l'absence de données pour 2019.
2. Utilisation du taux de motorisation moyen par commune à partir des données de l'Insee : Pour les sections sans données de comptage, nous avons utilisé le taux de motorisation, auquel nous avons appliqué le pourcentage moyen de poids lourds (PL) de l'Aude pour estimer le trafic (6% du TMJA). Ces données ont ensuite été intégrées à l'analyse du trafic. L'hypothèse sous-jacente est que ces véhicules pourraient circuler sur chacune de ces sections, avec une probabilité accrue dans les communes d'origine des véhicules.

Pour résumer nous avons trois types de sections dans ce paramètre :

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

- Sections avec un TMJA issu de comptages permanents, qui représentent 32% des sections
- Sections avec un TMJA issu de comptages ponctuels, qui représentent 12% des sections
- Sections avec un TMJA estimé sur la base du parc statique de véhicules d'une commune, qui représente 56% des sections

### Pour aller plus loin :

Afin de donner plus de robustesse aux données de trafic, il est possible d'utiliser le(s) mois où le trafic est le plus élevé, quel que soit l'année, que ce soit pour les comptages permanents ou temporaires. Cela permet d'avoir une vision de trafic en situation dégradée et de faire ressortir les spécificités de certaines sections absorbant des trafics importants à certaines périodes (sites touristiques, événements culturels...).

L'échelle retenue pour la notation est basée sur une réflexion commune entre le Cerema et la division territoriale de la Haute Vallée d'Aude (DTHVA) du CD11.

Pour la DTHVA, une route à fort trafic accueille 4000 véhicules par jour. Pour le Cerema, une route bidirectionnelle à fort trafic est une route avec 8000 véhicules par jour, critère retenu usuellement pour envisager la transformation d'une route bidirectionnelle en autoroute. Suite à nos discussions, nous avons pris pour hypothèse qu'en dessous de 4000 véhicules par jour, le trafic est « faible » et au-dessus de 8000 il est « très élevé ». Nous avons fait 10 classes avec une note pour chacune d'elles répartie de la manière suivante :

[1 à 800] = 1/10

[800 à 1600] = 2/10

[1600 à 2400] = 3/10

[2400 à 3200] = 4/10

[3200 à 4000] = 5/10

[4000 à 4800] = 6/10

[4800 à 5600] = 7/10

[5600 à 6400] = 8/10

[6400 à 7200] = 9/10

[7200 et plus] = 10/10

La note attribuée à ce paramètre représente la valeur de l'indicateur quantitatif, qui contribue à hauteur de 30 % à la note globale concernant l'enjeu. Bien que cet indicateur soit essentiel pour évaluer l'enjeu de mobilité du client de l'étude, nous n'avons pas jugé nécessaire de lui accorder une pondération plus élevée, car un grand nombre de sections (56 %) ne disposent pas de données de trafic. De plus, nous souhaitons accorder une plus grande importance aux données qualitatives relatives à l'usage des sections, un aspect sur lequel le CD de l'Aude avait peu de connaissances.

### 2.2.2 Valeur de l'indicateur qualitatif

Comme présenté dans le [2.1.3.2](#), l'indicateur qualitatif vise à identifier les usages principaux d'utilisation des sections du réseau routier départemental selon les modes de transport (Transport collectifs, poids lourds, vélo) et les motifs de déplacement (travail, étude tourisme et secours) à partir de sept paramètres : Véloroutes, le transport routier de marchandises, les transports en commun (Lio car, RTCA et Citibus), les trajets liés au tourisme, les trajets des secours (pompiers et gendarmerie), les trajets domicile-étude (collège et lycées) et les trajets domicile-travail.

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

### 2.2.2.1 Le paramètre véloroutes

Une véloroute est un itinéraire cyclable, jalonné et sécurisé. Les véloroutes empruntent tout type de voies sécurisées dont les voies vertes. Ce type de voie relève d'une politique nationale portée par le ministère en charge de l'écologie en faveur du développement de la pratique du vélo et du cyclotourisme.<sup>1</sup>

Les données utilisées sont issues de l'Opendata du CD11. Le département a identifié les itinéraires cyclables véloroutes et voies vertes sur son territoire. L'attribut « difficulté » nous renseigne sur le niveau de difficulté des sections à partir de cinq critères : Facile, Facile modéré, Moyen, Intermédiaire et Difficile.

Pour l'échelle de notation, nous sommes partis du postulat que les sections de l'attribut « difficulté » qualifiées de facile sont accessibles à un public large. Ainsi, elles supporteront un trafic vélo important. C'est la raison pour laquelle nous leur avons accordé la note la plus élevée. A l'inverse, les sections routières empruntées par les véloroutes dont l'attribut est difficile concerneront un public moins large et attireront moins de trafic. Nous avons fait 5 classes avec une note pour chaque classe répartie de la manière suivante :

Facile = 10

Facile modéré = 8

Moyen = 6

Intermédiaire = 4

Difficile = 2

Pas de données = NULL

La note de ce paramètre participe à 10% de la valeur de l'indicateur qualitatif. Ce paramètre concerne principalement des mobilités touristiques. D'après le référentiel d'évaluation socio-économique des projets de transport, le motif déplacement touristique a la valeur du temps la plus faible par rapport aux autres motifs de déplacement (Déplacement contraint, déplacement autre et moyenne tous motifs). De plus, l'absence de comptages vélo, et le faible nombre de sections routières empruntées par une véloroute ne nous a pas incité à y mettre une pondération importante.

### 2.2.2.2 Le paramètre transport en commun

Les transports en commun regroupent l'ensemble des modes de transport mis en œuvre par une Autorité Organisatrice des Mobilité (AOM) qu'elle soit régionale inter communale ou communale, à disposition du public, offerts à la place. Sur l'Aude, trois AOM proposent un service de transport en commun : La région Occitanie avec son offre d'autocar Lio, la Communauté d'Agglomération de Carcassonne avec sa Régie de Transport de Carcassonne Agglo (RTCA) et son offre d'autobus et la Communauté d'Agglomération du Grand Narbonne (CAGN) et son offre d'autobus nommée Citibus.

Pour ce paramètre, deux types de données ont été utilisées : Le tracé des lignes, dont le but est de le croiser avec les sections du réseau routier du département et les horaires de passages, pour estimer la fréquence de passage sur chaque section et lui attribuer une note.

1. Pour le tracé des lignes, nous avons utilisé les données issues de l'Opendata Occitanie pour obtenir le réseau de transport de la région. Ces données étant géolocalisées, nous avons pu les importer dans notre SIG. Pour les réseaux de transport de la RTCA et du Citibus de la CAGN, nous sommes partis de leurs plans de réseau. Comme ces plans ne sont pas géolocalisés, nous avons réalisé un géoréférencement afin de les utiliser sous Qgis. Ainsi nous avons pu reconstituer les réseaux de transport des trois AOM du département, ligne par ligne, sur les sections du réseau routier du CD11.
2. Afin de déterminer une fréquence de passage et une note, nous avons utilisé les fiches horaires des lignes des 3 AOM empruntant des sections du réseau routier de l'Aude. Nous avons fait la

---

<sup>1</sup> MTECT – janvier 2014

somme des passages par semaine pour chaque ligne et déterminé un nombre de passage moyen par jour. Les passages le week-end n'ont pas été pris en compte par souci de simplicité de calcul. Le réseau et le nombre de passages évolue en effet fortement en fin de semaine. Ainsi, nous avons obtenu une fréquence de passage par section.

En général, un service de transport collectif débute vers 6h et se termine à 21 heures. Cela représente une amplitude de 15 heures. En prenant en compte la configuration du territoire (couvert en majorité par l'AOM régionale) nous avons pris pour hypothèse que les sections utilisées en moyenne 30 fois par jour (soit une moyenne de deux trajets par heure sur les 15 heures de service) ont un très bon niveau de service et obtiendraient la note maximale. A l'inverse, les sections non empruntées par les transports en commun obtiennent la plus basse note 0.

Afin d'avoir une note sur 10, nous avons fait 10 classes réparties de la manière suivante :

Pas de données = NULL

1 à 3 trajets = 1

4 à 6 trajets = 2

7 à 9 trajets = 3

10 à 12 trajets = 4

13 à 15 trajets = 5

16 à 18 trajets = 6

19 à 21 trajets = 7

22 à 24 trajets = 8

25 à 27 trajets = 9

28 trajets et + = 10

La note de ce paramètre participe à 10% à la valeur de l'indicateur qualitatif. La plupart des sections les plus fréquentées par un service TC sont en zone de plaine, peu exposées par les chutes de blocs. De plus, d'après le référentiel d'évaluation socio-économique des projets de transport, la valeur du temps est en moyenne plus élevée pour les utilisateurs de voitures que pour ceux utilisant des autocars.

### *2.2.2.3 Le paramètre transport routier de marchandises*

Le transport routier de marchandises comprend tout mouvement de marchandises à bord d'un mode routier que ce soit : les véhicules utilitaires légers, les poids-lourds et les transports exceptionnels.

Pour ce paramètre, nous n'avons pas utilisé le nombre de poids-lourds donné par les TMJA, car cette donnée ne permet pas de dissocier les transports en commun des poids-lourds ni les utilitaires légers des véhicules légers.

Nous avons utilisé des données nous permettant de classer les sections selon leur capacité à être utilisées par un transport de marchandises lourd. Pour cette catégorie trois types de données ont été utilisées :

1. Les Routes à Grande Circulation (RGC) de l'Aude sur l'Opendata de l'Aude : Ce sont les sections routières permettant d'assurer la continuité des itinéraires principaux, le délestage du trafic, la circulation des Transports Exceptionnels tels que : les convois, les transports militaires... Elles justifient de règles particulières en matière de police de la circulation. L'attribut « Grande\_circulation » permet d'identifier les sections empruntées par les transports exceptionnels.
2. Le site Géoportail de l'Institut national de l'information Géographique et forestière (IGN) : L'Opendata de l'Aude nous permet de connaître les sections ouvertes aux transports exceptionnels. Cependant, nous n'avons pas d'information sur la catégorie de véhicule pouvant circuler sur ces itinéraires. Nous avons pu recueillir cette information sur le site Géoportail. Les routes à grande circulation sont classées en cinq catégories : 1TE (Réseaux nationaux

## **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

historiques ouverts aux convois dits de catégorie 1 et de moins de 48 tonnes), 2TE48 (Réseaux nationaux historiques ouverts aux convois dits de catégorie 2 et de moins de 48 tonnes), TE72 (réseaux ouverts aux convois respectivement, de moins de 72 tonnes, et respectant des critères de charge à l'essieu et de distance inter-essieux., TE94 réseaux ouverts aux convois respectivement, de moins de 94 tonnes, et respectant des critères de charge à l'essieu et de distance inter-essieux et TE120 (réseaux ouverts aux convois respectivement, de moins de 120 tonnes, et respectant des critères de charge à l'essieu et de distance inter-essieux.)

3. Le tonnage maximal autorisé sur la BD Topo de l'Institut national de l'IGN : L'attribut restriction de poids total de la thématique transport traduit l'interdiction de circuler aux véhicules dont le poids total autorisé en charge ou le poids total roulant autorisé est supérieur au poids exprimé en tonnes. Dans la BD Topo, seulement 4 tonnages différents sont renseignés sur le réseau routier de l'Aude : 3,5t, 7,5t, 12t et 19t.

Pour ce paramètre nous avons croisé les trois données présentées sur la partie précédente de la manière suivante : Plus le tonnage maximal est élevé, plus la route peut accueillir des poids lourds. Ainsi, le réseau RGC aura les notes les plus hautes compte tenu des tonnages importants qu'il peut accueillir. Les sections routières qui ne contiennent pas d'information sur le tonnage maximal admis sont automatiquement à 44 tonnes (poids maximal en charge des poids lourds pouvant circuler en France). Lorsque le niveau de tonnage maximal était connu, nous avons appliqué une classification dégressive selon les restrictions en vigueur. Afin d'avoir une note sur 10, nous avons fait 10 classes réparties de la manière suivante :

TE120 = 10

TE94 = 9

TE72 = 8

2TE48 = 7

1TE = 6

44t – 21t = 5

19t = 4

12t = 3

7,5t = 2

3,5t = 1

Moins de 3,5t = 0

La note de ce paramètre participe à 10% à la valeur de l'indicateur qualitatif. Le manque d'information collectées localement ne nous permet pas de donner plus de valeur à ce paramètre dont la contribution au bon fonctionnement de notre pays est importante.

#### *2.2.2.4 Le paramètre déplacement touristique*

Un déplacement touristique est réalisé par une personne dont le but est d'atteindre une activité dans des lieux situés en dehors de son environnement habituel pour une période consécutive qui ne dépasse pas une année et ce à des fins de loisirs, pour affaires et autres motifs. Les personnes se déplaçant pour ce motif sont appelés visiteurs. On peut distinguer deux types de visiteurs : les touristes, qui passent au moins une nuit (et moins d'un an) hors de leur environnement habituel, et les excursionnistes, qui ne passent pas de nuit hors de leur environnement habituel.

Dans cette étude, nous n'avons pas pu mobiliser de données d'origine-destination des déplacements touristiques du département. Nous avons demandé au CD11 de nous donner des sites touristiques majeurs (de préférence en zone de montagne) par district territorial auquel nous avons ajouté des stations de ski proches ans les Pyrénées-Orientales (Formiguères, Les Angles) car elles génèrent des flux importants l'hiver.

## **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Les sites retenus sont :

1. Le DT de la Narbonnaise : Gruissan plage, Narbonne-Plage et Saint-Pierre-la-Mer.
2. Le DT du Carcassonnais : Le gouffre de Cabrespine, le château de Lastours et la grotte du Limousis.
3. Le DT des Corbières-Minervois : L'abbaye de Lagrasse, le château de Peyrepertuse, le château de Queribus,
4. Le DT de la Haute Vallée d'Aude : Le site de Bugarach, la station de Camurac, le site de Rennes-le-Château, et les gorges de Galamus.
5. Stations dans les Pyrénées-Orientales

Nous avons cherché ensuite à connaître quelles sections du réseau routier du département de l'Aude sont utilisées par une automobile pour se rendre sur l'ensemble de ces sites à partir de trois métropoles à proximité du département de l'Aude : Toulouse, Montpellier et Perpignan.

Pour estimer les trajets nous avons utilisé un script sous Python qui détermine à partir d'une origine géoréférencée (latitude, longitude) et d'une destination géoréférencée (latitude, longitude) le chemin le plus court. Dans notre cas nous avons trois origines que nous avons géoréférencées (Toulouse Montpellier et Perpignan) et 14 destinations touristiques géoréférencées soit 42 trajets à simuler.

Le script sous Python nous a permis de connaître les sections utilisées entre une origine et une destination. De plus lorsque plusieurs origines-destination empruntaient la même section, le script a réalisé la somme des trajets empruntant cette section. Cela nous permet de déterminer les sections les plus utilisées pour ce motif de déplacement. Afin de donner une note à chaque section nous avons appliqué une discrétisation par la méthode de Jenks en 10 classes pour chaque section routière, selon le nombre de trajets qu'elle permettait d'accueillir.

La note de ce paramètre participe à 10% de la valeur de l'indicateur qualitatif. Ce paramètre concerne principalement des mobilités touristiques. D'après le référentiel d'évaluation socio-économique des projets de transport, le motif déplacement touristique a la valeur du temps la plus faible par rapport aux autres motifs de déplacement (Déplacement contraint, déplacement autre et moyenne tous motifs).

#### *2.2.2.5 Le paramètre déplacement domicile-étude*

Un déplacement domicile-étude est un déplacement effectué par une personne entre son domicile et son lieu d'étude. Dans le cadre de cette étude, sont concernés par ce motif les déplacements effectués par un mode motorisé empruntant les sections routières du réseau du département de l'Aude.

Les données utilisées proviennent de l'Opendata de l'Aude pour les collèges de l'Opendata de la région et de l'académie de Montpellier pour les lycées.

Les données issues de l'Opendata de l'Aude : Nous avons utilisé deux tables. La table « Collège publics de l'Aude » nous a permis de localiser sur Qgis les collèges du département. Nous avons ensuite croisé cette donnée avec l'attribut « communes » de la table « Secteurs des collèges publics de l'Aude ». Cette deuxième table nous permet de connaître les communes appartenant à la carte scolaire d'un collège du département.

Le site de l'académie de Montpellier : Un tableau sur ce site nous a permis de connaître la sectorisation des communes pour chaque lycée de l'Aude. Ainsi, nous avons pu regrouper les communes appartenant au même secteur scolaire du second degré. Ces données n'étant pas géolocalisées, nous avons utilisé le Codegeo des communes appartenant au même secteur.

Les données issues de l'Opendata de la région Occitanie : Nous avons utilisé la table « Lycées d'Occitanie cartographie » afin de connaître les lycées publics de la région. Sous Qgis, nous avons sélectionné uniquement les Lycées identifiés dans les secteurs scolaires du département de l'Aude.

Le nombre de collèges et de lycées dépendant des communes du département de l'Aude est respectivement de 34 et 7.

Nous avons cherché ensuite à connaître quelles sections du réseau routier du département de l'Aude sont utilisées par une automobile accompagnant son enfant depuis sa commune d'origine vers l'établissement scolaire de son secteur.

### **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Pour estimer les trajets nous avons utilisé un script sous Python qui détermine à partir d'une origine, ici le centroïde des communes géoréférencée (latitude, longitude) et d'une destination, ici les établissements scolaires géoréférencées (latitude, longitude) le chemin le plus court pour chaque secteur scolaire.

Les données pour les écoles élémentaires et maternelles n'ont pas pu être exploitées car la carte scolaire est variable selon les Regroupement Pédagogique Intercommunal (RPI) des maternelles et écoles élémentaires.

Le script sous Python nous a permis de connaître les sections utilisées entre une origine et une destination pour le motif scolaire. De plus, lorsque plusieurs origines-destination empruntaient la même section, le script a réalisé la somme des trajets empruntant cette section. Cela nous permet de déterminer les sections les plus utilisées pour ce motif de déplacement. Afin de donner une note à chaque section nous avons appliqué une discrétisation par la méthode de Jenks en 10 classes pour chaque section routière, selon le nombre de trajets qu'elle permettait d'accueillir. Au total, ce sont 804 trajets qui ont été recensés.

La note de ce paramètre participe à 15% de la valeur de l'indicateur qualitatif. Ce paramètre concerne principalement des mobilités domicile-étude réalisé en voiture. Ce motif de déplacement entre dans la catégorie « déplacement contraint ». D'après le référentiel d'évaluation socio-économique des projets de transport, la valeur du temps est en moyenne plus élevée pour les utilisateurs de voitures pour ce motif que pour le motif vacances ou autre.

#### *2.2.2.6 Le paramètre déplacement domicile-travail*

Un déplacement domicile- travail est un déplacement effectué par une personne entre son domicile et le lieu fixe où il ou elle travaille. Dans le cadre de cette étude, sont concernés par ce motif de déplacement ceux qui sont réalisés en voiture, à vélo ou à pied. Les trajets en transport collectifs ne sont pas pris en compte car ils sont déjà pris en compte par le paramètre transport collectif.

Les valeurs utilisées proviennent de la base Mobilités professionnelles des individus : déplacements commune de résidence / commune de travail de 2019 produite par l'Insee. Les données de ce fichier sont bilocalisées. Elles nous permettent de connaître le nombre d'actifs de plus de 15 ans (variable IPONDI : Poids de l'individu), sa commune de résidence (variables COMMUNE : Département et commune du lieu de résidence) et sa commune de travail (variables DCLT : Département, commune et arrondissement municipal du lieu de travail) ainsi que le mode de transport principal utilisé pour faire ce trajet (variable TRANS : Mode de transport principal le plus souvent utilisé pour aller travailler). Plusieurs tris ont été réalisés sur cette base :

1. Etant donné que nous travaillons sur le réseau de l'Aude, nous avons conservé dans la variable TRANS les trajets effectués avec un mode motorisé (voiture, camion, deux roues moteur) mécanisé (vélo) ou à pied.
2. Ensuite, dans les variables COMMUNE et DCLT nous avons fait un tri pour conserver uniquement les trajets provenant des départements limitrophes de l'Aude à savoir : L'Ariège, la Haute-Garonne, l'Hérault, les Pyrénées-Orientales. Par exemple, il y a de faible chance qu'un trajet entre Bordeaux et Limoux soit effectué régulièrement en voiture. C'est la raison pour laquelle tous les trajets dont la provenance/ destination ne concernant pas les 5 départements limitrophes de l'Aude ont été enlevés.
3. Puis, nous avons réalisé un second tri afin de supprimer les trajets dont l'origine et la destination sont la même commune. Etant donné que nous n'avons pas de données plus fines que la commune, il nous est impossible d'estimer un trajet représentatif de la réalité.

Ainsi, pour chaque origine destination nous avons le nombre d'individus réalisant ce trajet avec un mode motorisé, mécanisé ou à pied. Cela représente 1112 trajets.

Nous avons cherché ensuite à connaître les sections du réseau routier du département de l'Aude les plus utilisées par les trajets domicile-travail. Pour estimer les trajets nous avons utilisé un script sous Python qui détermine à partir d'une origine, ici le centroïde des communes géoréférencée (latitude, longitude) et d'une destination, ici le centroïde des communes de lieu de travail (latitude, longitude) le chemin le plus court pour chaque secteur scolaire.

#### **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Le script sous Python nous a permis de connaître les sections utilisées entre une origine et une destination pour le motif travail. De plus, lors que plusieurs origines-destination empruntaient la même section, le script a réalisé la somme des IPONDI des trajets empruntant cette section. Cela nous permet de déterminer les sections les plus utilisées pour ce motif de déplacement. Afin de donner une note à chaque section nous avons appliqué une discrétisation par la méthode de Jenks en 10 classes pour chaque section routière, selon le nombre de trajets qu'elle permettait d'accueillir.

La note de ce paramètre participe à 15% de la valeur de l'indicateur qualitatif. Ce paramètre concerne principalement des mobilités domicile-travail réalisé en voiture. Ce motif de déplacement entre dans la catégorie déplacement contraint. Ce motif de déplacement entre dans la catégorie « déplacement contraint ». D'après le référentiel d'évaluation socio-économique des projets de transport, la valeur du temps est en moyenne plus élevée pour ce motif par rapport aux autres motifs (tourisme, autre et moyenne tous motifs).

#### *2.2.2.7 Le paramètre déplacement des secours*

Un déplacement des secours concerne dans cette étude les déplacements réalisés par les gendarmes et les pompiers depuis la caserne vers les communes du secteur de premier appel.

Les données utilisées proviennent du SDIS de l'Aude et de la Gendarmerie de l'Aude

1. SDIS de l'Aude : Le SDIS de l'Aude nous a transmis un tableau permettant de connaître pour chaque Centre d'Intervention de Secours de premier appel (CIS) les communes qui lui appartiennent. Ainsi, nous avons pu regrouper les communes appartenant au même CIS. Ces données n'étant pas géolocalisées, nous avons créé un champ Codegeo pour mettre sous Qgis les communes appartenant au même CIS.
2. La gendarmerie de l'Aude : La gendarmerie de l'Aude nous a transmis un plan permettant de connaître le secteur d'appartenance de chaque unité de Groupement de Gendarmerie Départementale (GGD) de premier appel du département de l'Aude. Comme ces plans ne sont pas géolocalisés, nous avons réalisé un géoréférencement afin de les utiliser sous Qgis et connaître avec finesse les communes appartenant à chaque unité de GGD.

Nous avons cherché ensuite à connaître quelles sections du réseau routier du département de l'Aude sont utilisées depuis les centres de premier appel des pompiers et gendarmes vers les communes de son secteur.

Pour estimer les trajets nous avons utilisé un script sous Python qui détermine à partir d'une origine, ici les CIS et GGD de premier appel géoréférencés (latitude, longitude) et d'une destination, ici le centroïde des communes faisant partie du secteur de premier appel des pompiers et gendarmes (latitude, longitude) le chemin le plus court pour chaque secteur (pompiers d'une part et gendarmes d'autre part).

Le script sous Python nous a permis de connaître les sections utilisées entre une origine et une destination pour le motif secours. De plus, lorsque plusieurs origines-destination empruntaient la même section, le script a réalisé la somme des trajets empruntant cette section. Cela nous permet de déterminer les sections les plus utilisées pour le motif secours. Afin de donner une note à chaque section nous avons appliqué une discrétisation par la méthode de Jenks en 10 classes pour chaque section routière, selon le nombre de trajets qu'elle permettait d'accueillir.

La note de ce paramètre participe à 30% de la valeur de l'indicateur qualitatif. Ce motif de déplacement est « hors catégorie » car les interventions sont urgentes. C'est la raison pour laquelle nous lui avons donné une pondération deux fois plus grande qu'aux déplacements contraints.

### **2.2.3 Valeur de l'indicateur « potentiel d'utilisation des sections en itinéraire de substitution »**

Comme présenté dans le [2.1.3.3](#), l'indicateur de potentiel d'utilisation des sections en itinéraire de substitution vise à identifier le potentiel d'utilisation des sections en itinéraire de substitution en cas d'évènement entraînant la fermeture de la section (éboulement...).

Le manque de données disponibles nous permet de retenir deux informations : la largeur des voies et le maillage de la section.

#### **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Ce paramètre regroupe les informations qui nous paraissent essentielles pour évaluer le potentiel d'utilisation des sections en itinéraire de substitution à savoir : la largeur et le maillage en réseau des sections du réseau. Ce paramètre nous permet d'évaluer la qualité de la desserte des sections en cas d'évènement.

Pour ce paramètre, une seule donnée a été utilisée. Elle provient de la BD Topo de l'IGN. L'attribut « Largeur de chaussée » de la thématique transport représente la largeur de la chaussée pour chaque section du réseau routier. Cette valeur, indicative, a été mesurée ou estimée sur le terrain ou sur des orthophotos dans une partie des cas. Elle est calculée d'après le nombre de voies dans les cas restants.

Le critère retenu pour ce paramètre est la largeur de la voie. En cas d'évènement de chute de bloc entraînant la fermeture de la section, l'usager privilégiera, parmi les sections disponibles, les voies les plus larges et moins sinueuses dans son choix d'itinéraire. Le maillage a également un impact sur l'utilisation potentielle des sections en cas de blocage. Ce potentiel est nul pour une section en voie sans issue et faible pour une section touchant une section sans issue.

### Pour aller plus loin :

Le manque de données origine destination des usagers ne nous a pas permis de qualifier cette valeur « d'itinéraire bis ». Nous avons simplifié la réflexion en nous disant « à dire d'expert », que dans les choix de la route à emprunter, la sinuosité et la largeur des voies sont des critères déterminants pour utiliser un itinéraire. Les données de sinuosité sont difficiles à mobiliser tant sur le point de vue technique (comment faire ?) que méthodologique (à partir de combien de virages une section est considérée comme empruntable ou pas, quel degré de virage est perçu comme acceptable...)

Pour ce paramètre nous avons utilisé la largeur de voies pour différencier les sections entre elles. Ainsi, plus une section sera large, meilleure sera sa note. Nous avons attribué un bonus à la note largeur en fonction du maillage de la section. Une section sans issue aura un bonus élevé. Afin d'avoir une note sur 10, nous avons fait 5 classes de largeur des voies (5 classes) notées de la manière suivante :

Section non revêtue = **0**  
Section de [ - de 3m] = **2**,  
Section de [3 à 3,5m] = **4**,  
Section de [4 à 5m] = **6**,  
Section de [5,5 à 6m] = **8**,  
Section de [7m et +] = **10**,

Ce bonus est plus élevé pour les sections sans issues (+4).

La note attribuée à ce paramètre contribue à hauteur de 20 % à la note globale concernant l'enjeu mobilité.

Ce paramètre a tendance à privilégier les sections sans issues, celles qui sont à proximité (situées généralement en montagne, avec un aléa non nul et peu densément peuplées) et les voies les plus larges situées en entrée / sortie d'agglomération (généralement en plaine, avec un aléa nul et très densément peuplées).

## 2.3 Résultat de l'enjeu mobilité

Ainsi, au travers des trois **indicateurs** (quantitatif, qualitatif et potentiel d'utilisation des sections en cas d'évènement) nous avons pu déterminer l'**enjeu** mobilité des **sections** du **réseau routier de l'Aude**.

Pour rappel, la formule appliquée pour estimer l'enjeu mobilité est la suivante (avec le poids de chaque indicateur) : note sur 10 de l'indicateur quantitatif (30% de la note finale) + note sur 10 de l'indicateur

### Aléa rocheux et mobilité

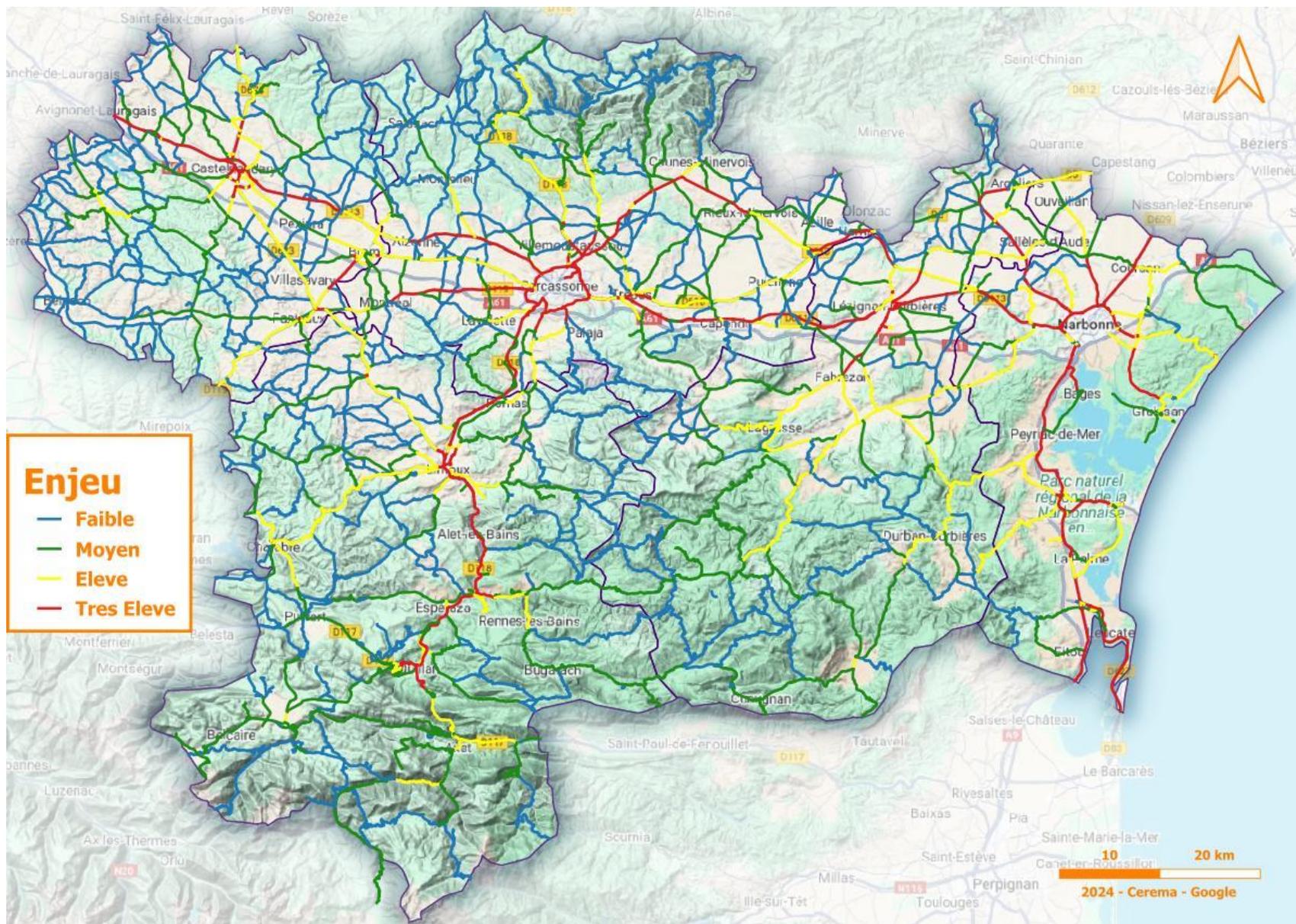
Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

qualitatif (50% de la note finale) + note sur 10 de l'indicateur du potentiel d'utilisation des sections en cas d'évènement (20%) = enjeu mobilité.

$$\text{Enjeu mobilité} = 0,3 * (\text{note } E_{\text{quanti}}) + 0,5 * (\text{note } E_{\text{quali}}) + 0,2 * (\text{note } E_{\text{bis potentiel}})$$

À cette étape, l'**enjeu** est décorrélé de son exposition aux chutes de blocs car on recherche une **vision homogène de tout le territoire**.

Les notes enjeu sont comprises entre 0,4 et 8,1 sur 10 présentent des valeurs extrêmes. Cependant, la moyenne étant supérieure à la médiane, les données sont plutôt ramassées avec quelques valeurs exceptionnellement élevées.



Carte 1 : Classification de l'enjeu mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet)

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

## 3 EVALUATION DE L'ALEA ROCHEUX

L'objectif principal de cette partie est de présenter la méthode, les résultats obtenus et les limites de cette analyse.

### 3.1 Le principe d'évaluation de l'aléa rocheux

La méthode générale consiste à déterminer le niveau d'**aléa** rocheux sur le **réseau routier du CD11**. L'**unité** de mesure retenue est la **portion**. Celle-ci est définie par une **longueur exposée** à un niveau d'**aléa** uniforme sur une partie ou l'ensemble de la section. (Une section est alors composée d'une ou plusieurs portions).

Quatre niveaux d'**aléa** rocheux et une zone particulière sont définis. Dans cette analyse les routes communales, rurales, nationales et autoroutes sont exclues de l'étude. Le **périmètre** est donc limité à la **voirie départementale** uniquement sur les **districts** de la **Haute Vallée d'Aude**, des **Corbières**, du **Carcassonnais** et du **Narbonnais**.

Pour identifier les **portions** exposées à un **aléa** homogène, le Cerema s'appuie sur deux sources de données : La **collecte d'évènement** et la **visite experte** du Cerema.

L'**aléa** résulte de la vision double de la **collecte d'évènement** et de la **visite experte**.

### 3.2 Détermination des classes d'aléa

#### 3.2.1 Par la collecte d'évènement

Cette collecte a été réalisée à partir de documents transmis par le CD11 qui identifie sur plan les zones où l'aléa est nul, faible moyen et fort pour les districts du périmètre de l'étude. Ces cartes ont été fournies par les différents districts de l'Aude. Elles ont permis de disposer d'une première évaluation de l'aléa rocheux sur les routes départementales. Cependant cette approche n'était pas harmonisée car chaque DT avait sa « propre vision » de l'aléa (vision non homogène sur l'ensemble du département). Les cartes d'aléa sont plus ou moins renseignées selon les districts et manquent de précision quant à la localisation des portions exposées à un aléa homogène. C'est la raison pour laquelle nous avons réalisé une visite et une évaluation « à dire d'expert » du Cerema sur l'ensemble des quatre districts de la zone d'étude.

#### Pour aller plus loin :

L'historique de chutes de blocs est à formaliser car il constitue de précieux renseignements sur la localisation et la fréquence des chutes de blocs sur les différentes sections du réseau routier.

Une couche intitulée « événement » sous Qgis et issue de la base de données « *mouvement gravitaire* » du BRGM. Les données sont plus ou moins précises en termes de date et de localisation mais permettent de visualiser les zones actives de chutes de blocs.

Il est proposé de « faire vivre » cette couche par le versement de fiches relatant et localisant de futurs événements afin d'avoir une notion de fréquence.

#### 3.2.2 Par la visite experte du Cerema

##### 3.2.2.1 Visite terrain :

La visite de terrain fournissant une évaluation « à dire d'expert » a été réalisée en complément de la collecte d'évènements. Le Cerema a ainsi parcouru l'ensemble du réseau routier du département (hormis le district du Lauragais : hors zone d'étude). Cela nous a permis d'identifier avec précision les portions exposées à un aléa homogène.

#### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Pour la caractérisation de l'aléa rocheux, nous nous sommes essentiellement concentrés sur l'intensité et l'énergie produite par un éboulement au niveau de la chaussée. Parmi les paramètres pris en compte pour définir le niveau d'aléa, nous pouvons citer : la hauteur des parois et falaises rocheuses, leur distance par rapport à la chaussée, la présence de fossé ou de « piège à cailloux », l'état de fracturation du massif (produit de la pierre, découpe des blocs...). Quatre niveaux d'aléa ont été définis et une zone particulière :

- Nul : (aucun aléa identifié)
- Faible : (talus/parois rocheuses de faible hauteur produisant essentiellement des *pierres* peu de conséquence en cas d'éboulement)



RD110 – Larberte (Corbières)



RD32 – Gruissan (La Clape)



RD111 – Villardonel (Carcassonnais)



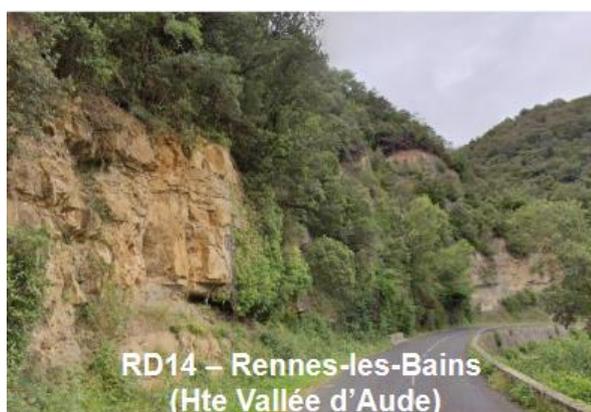
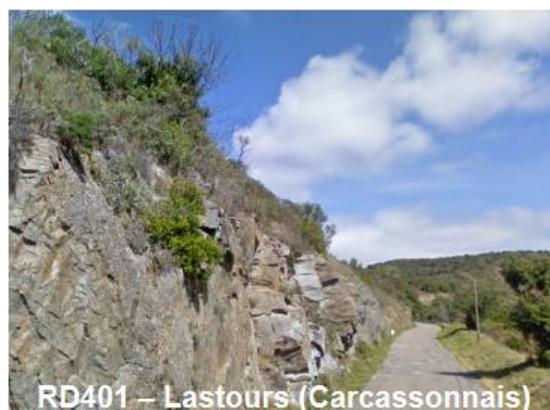
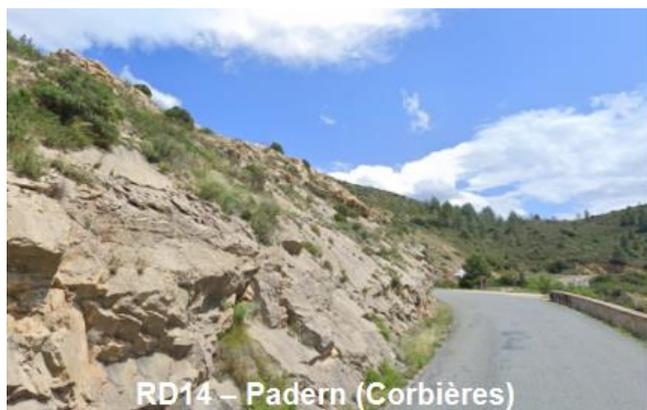
RD117 – Axat (Hte Vallée d'Aude)

Photo 1 : Exemple de photo représentant un aléa faible

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

- Moyen : (parois/falaises de hauteur moyenne qui se découpent en *blocs*, l'impact sur la chaussée/véhicules peut être plus dommageable).



*Photo 2 : Exemples de photos représentant un aléa moyen*

## **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

- Fort : (zones de crêtes, de hautes falaises, de grandes pentes, ou le produit de l'aléa rocheux est susceptible d'impacter les enjeux avec des énergies importantes et donc des dommages conséquents.



*Photo 3 : Exemples de photos représentant un aléa élevé*

## **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

- **Zone Noire** : Les zones noires sont des portions où (hormis l'aléa courant) l'aléa est trop élevé pour être traité avec les dispositifs de protection rocheuses courants. Dans ce cas, l'évitement ou la réalisation d'ouvrages (tunnel, déviations etc.) sont les seules solutions pour tendre vers un risque nul. Il s'agit essentiellement des gorges ou le résultat de l'éboulement peut provenir des deux côtés de la chaussée. Une fois une zone de risque noire identifiée, le traitement des aléas courants est proposé pour cette zone. Dans cette étude, 6 zones noires ont été distinguées : 3 portions sur la RD 118 dont les Gorges de St Georges, 1 portion sur la RD 107 au-dessus de Joucou, les Gorges de la Pierre-Lys sur la RD 117 et les Gorges de Galamus sur la RD 10. Elles sont pondérées comme les zones fortes pour le calcul du risque.



Photo 4 : Exemples de photos représentant une zone noire (fort aléa)

Lors de la caractérisation du niveau d'aléa rocheux, l'équipe n'a pas tenu compte des protections rocheuses déjà mises en œuvre. En effet, les données associées ne sont pas conformes aux exigences d'un Système d'Information Géographique (SIG), leur localisation nécessite des précisions essentielles (référéncées sur le réseau routier bien qu'elles soient situées sur la paroi rocheuse), et elles sont représentées de manière ponctuelle, sans indication du linéaire couvert.

Le relevé in situ a été réalisé au moyen de l'application mobile Scout<sup>2</sup> développé en interne par le Cerema. Elle permet lors des visites terrain des agents de collecter des données terrain, réaliser et d'indexer ensemble des observations tels que des photographies, commentaires audios, textes et géolocalisation. La géolocalisation nous a permis de collecter les coordonnées géographiques des débuts et fin de portions afin de pouvoir estimer la longueur de la portion exposée à un niveau d'aléa sous Qgis.

### Pour aller plus loin :

L'ensemble de la zone d'étude a été couverte par les mêmes équipes du Cerema ce qui permet d'avoir une vision homogène du niveau d'aléa sur l'ensemble de la zone d'étude.

Toutefois les limites de la méthode résident dans le fait que les passages sont plus ou moins rapides en voiture et dans la saisonnalité des visites (les crêtes et falaises rocheuses peuvent être plus ou moins couvertes par la végétation à la fin du printemps et à l'été).

Dans la mesure du possible, il est judicieux de réaliser les visites entre la fin de l'automne et le début du printemps.

<sup>2</sup> SCOUT (Système de Collecte Universel de Terrain) a pour objectif d'assister les agents lors de visites d'inspection ou de collecte de données sur le terrain. Elle permet de réaliser et d'indexer ensemble des observations couvrant la majorité des besoins : photographie, commentaire audio, texte et géolocalisation

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Sur certaines sections, il est possible d'avoir recours à l'utilisation de drone pour affiner le diagnostic, mais le temps de visite s'en retrouve d'autant plus allongé.

Il serait intéressant de créer une couche sous Qgis relative aux protections rocheuses déjà mises en œuvre.

#### 3.2.2.2 Saisie sous Qgis :

Les relevés terrain sous Scout sont ensuite retranscrits sous Qgis afin d'obtenir une visualisation cartographique. La géolocalisation permet de garder une trace des trajets effectués, et de découper les sections du réseau en portion exposées à un aléa homogène. Excepté pour l'aléa nul, dans la table attributaire, les portions sont caractérisées par le PR + abscisse de début et le PR + abscisse de fin pour les aléas qualifiés de faible, moyen, fort et zone noire.

#### Pour aller plus loin :

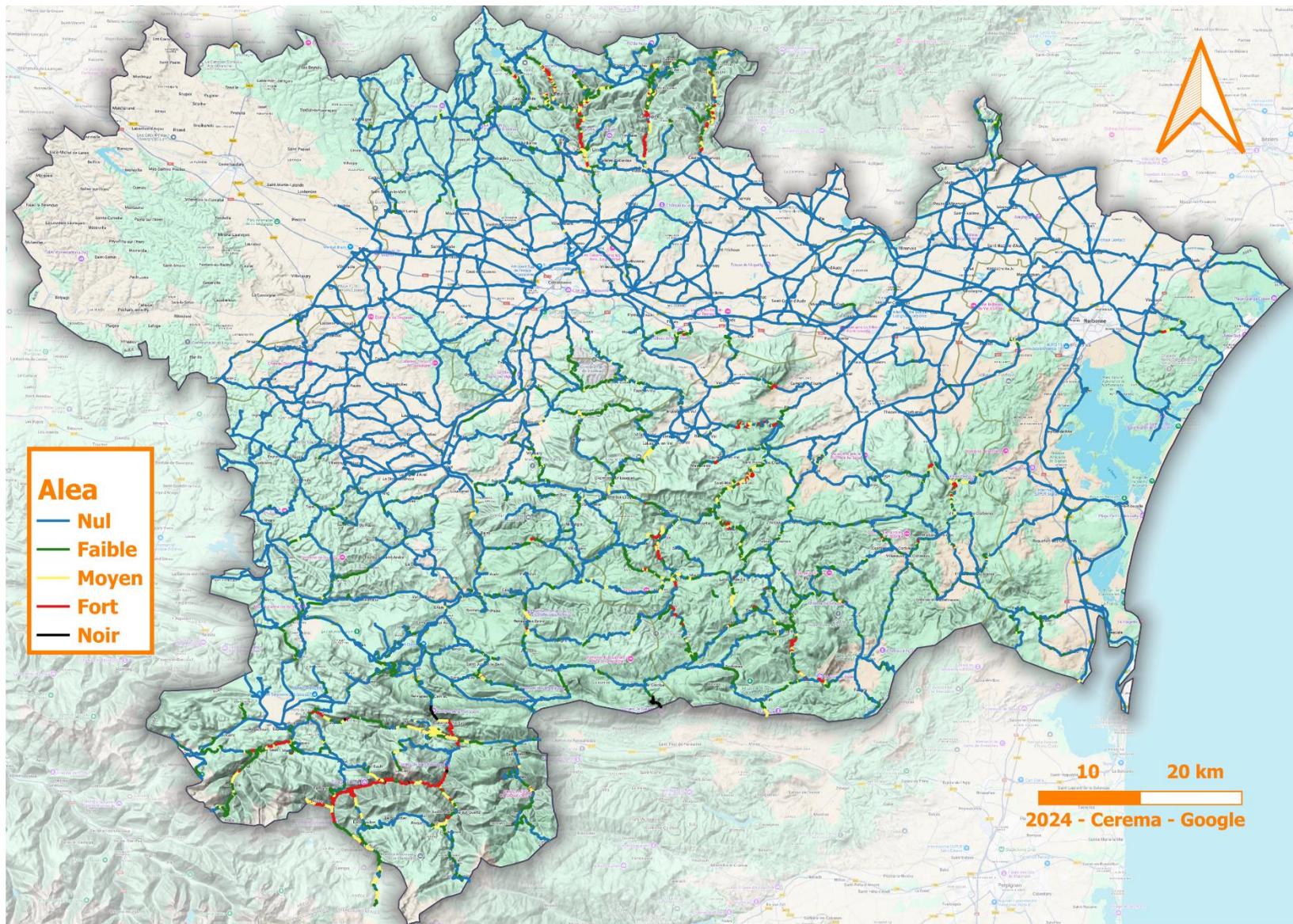
Une carte des pentes issue de modèles numériques de terrain peut être réalisée afin de comparer les niveaux d'aléas obtenus par portions et la topographie réelle du terrain.

### 3.3 Résultat de l'aléa rocheux

Les notes attribuées à chaque niveau/classe d'**aléa** rocheux sont les suivantes : Nul = 0, Faible =1, Moyen =2 et Fort et Zone Noire =3.

Par souci de clarté dans le calcul, les zones noires ont la même valeur que le niveau d'**aléa** fort.

*Les notes **aléa** sont comprises entre 0 et 3 sur 3. Compte tenu de la médiane (0), de la moyenne (0,5) et de l'écart-type (0,76), les données sont très ramassées avec des valeurs exceptionnellement élevées.*



Carte 2 : Classification de l'aléa mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet)

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

## 4 LE RISQUE CHUTE DE BLOCS

### 4.1 Le principe d'évaluation du risque

Le **risque** est issu de la combinaison de deux facteurs : **Aléa** et **enjeu**. Pour rappel, l'**aléa** représente la probabilité qu'un événement dangereux, comme un éboulement rocheux, se produise. L'**enjeu** désigne les véhicules circulant sur le **réseau départemental**. Ceux-ci sont exposés à l'**aléa**. Le **risque** émerge lorsque l'**aléa** rocheux menace directement l'**enjeu**, impactant ainsi la sécurité et la continuité du trafic sur ces voies essentielles.

L'unité de mesure du risque est la **section**. Afin de croiser l'**aléa** défini par **portion** et l'**enjeu** défini par **section**, nous utilisons la **méthode combinée**.

### 4.2 La méthode utilisée

#### 4.2.1 La méthode combinée

La méthode choisie pour évaluer le risque est la méthode combinée. Elle est basée sur la **multiplication des scores** d'**enjeu** et d'**aléa**, suivie d'une normalisation et d'une **classification** par **intervalles égaux**.

Les avantages de cette méthode sont sa simplicité, sa clarté et la précision des classes. Elle repose sur 4 étapes :

##### 4.2.1.1 Transformation de la note enjeu par section sur les portions aléa.

La **section enjeu** est divisé par le nombre de **portions aléa** qui la composent. La note **enjeu** reste la même lorsqu'elle est déclinée en **portions**.

##### 4.2.1.2 Le calcul du risque est effectué sur les portions : Note enjeu X Classe aléa

La note de la **portion enjeu** est **multipliée** par la note de la **portion aléa**. La note **risque** est potentiellement comprise entre 0 et 30 car la note **enjeu** va de 1 à 10 et la note **aléa** de 0 à 3.

##### 4.2.1.3 Application de la note risque aux sections

Afin d'avoir un niveau de **risque** par **section**, les **portions** d'une même **section** sont regroupées. La note de la **section** prend la valeur de la **portion** avec la note la plus élevée. Nous prenons l'hypothèse qu'un véhicule sur le réseau départemental parcourt la **section** dans son entièreté. Il est alors soumis à l'ensemble des **portions** qui la compose, sauf si celui-ci sort du périmètre de l'étude en empruntant une route gérée par un autre gestionnaire (autoroute, route nationale, route communales...) ou s'il s'arrête pour arriver à destination.

##### 4.2.1.4 Classification

Cette classification a été réalisée par regroupement des **sections** en classes de **risque** en utilisant des **intervalles égaux** (faible, moyen, fort). Les **sections** avec un **risque** nul ne sont pas classées.

Les **sections** avec une note au-dessus de 0 sont classés par **intervalles égaux**.

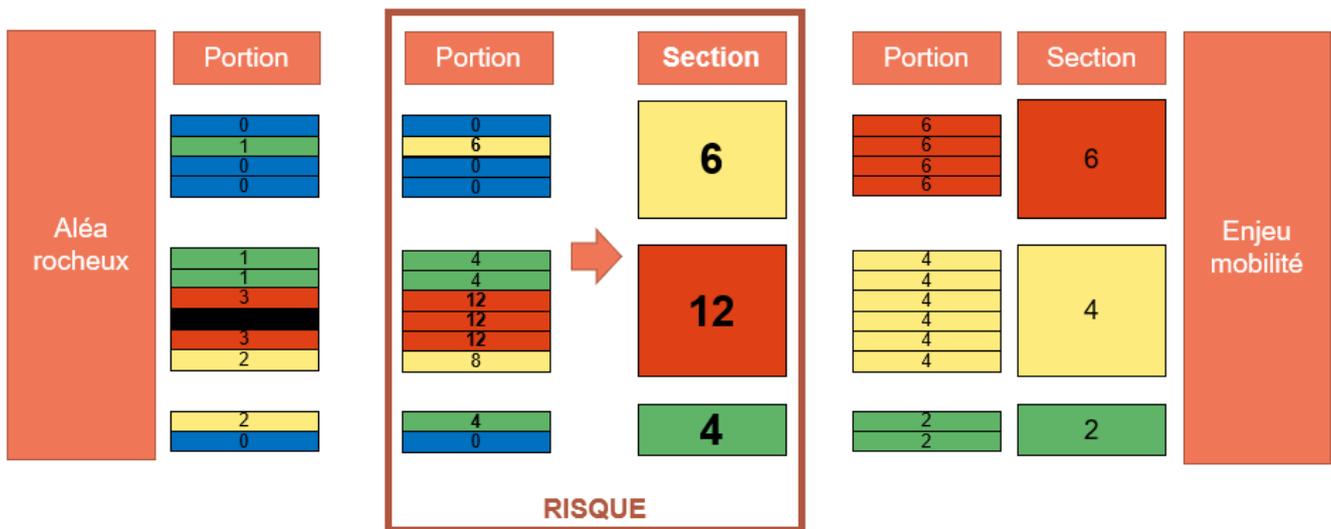


Schéma 1 : Etapes du calcul du risque

#### Explication du schéma 1 :

Attribution d'une note d'enjeu : Chaque section reçoit une note sur 10 en fonction de l'importance de l'enjeu (Cf. Section de l'enjeu mobilité).

Attribution d'une classe d'aléa : Chaque portion de route est classée en fonction de l'aléa selon l'échelle suivante : nul = 0, faible = 1, moyen = 2, fort = 3, noir = 3. (Cf. portions de Aléa rocheux).

Attribution des notes d'enjeu aux portions correspondantes à l'aléa : Les notes d'enjeu des sections sont appliquées à chaque portion de route correspondante. (Cf. portions de l'enjeu mobilité).

Calcul du risque pour chaque portion : La note d'enjeu a été multipliée avec la classe d'aléa. Ensuite, nous avons suivi la méthode du pire : La note de risque la plus élevée parmi les portions est attribuée à l'ensemble de la section (Cf. Aléa x enjeu par portions).

Classification finale : Les sections sont regroupées en classes de risque (faible, moyen, fort) selon une méthode par intervalles égaux (Cf. Risque par Section).

#### 4.2.1.5 Intérêt de cette méthode

Cette méthode a l'avantage d'éviter un lissage excessif. Une pondération du **risque** en fonction de la longueur des **portions** aurait pu entraîner un **lissage des résultats**, réduisant ainsi la précision des zones à **risque**.

C'est la raison pour laquelle, dans le cadre de notre étude, celle-ci est pertinente. Chaque **section**, délimitée par des intersections, représente un trajet complet pour l'utilisateur, qui est inévitablement exposé à l'ensemble des **portions** qu'elle contient. Il est donc crucial de **considérer l'ensemble des risques** présents sur toute la **section**. Cette approche met la sécurité de l'utilisateur au centre de l'étude. Ainsi, les **risques** les plus importants ne sont pas sous-évalués. Cependant, les **risques** les moins pénalisants en termes de sécurité des usagers de la route identifiés sur les **portions** de la **section** sont occultés. L'agrégation du **risque** au niveau de la **section** entraîne une perte de granularité, mais facilite également la communication des résultats et la mise en place de mesures de protection des usagers.

**Pour aller plus loin :**

Il existe d'autres méthodes :

#### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

1. Multiplication des scores : Multiplie les scores enjeu et aléa. Directe et facile à appliquer, peut amplifier les différences, néglige certaines nuances de données.
2. Matrice de Risque : Croisement des scores aléa et enjeu dans une grille. Utile pour une visualisation claire, manque de précision si seuils mal définis.
3. Pondération et Normalisation : Normalise et combine les scores enjeu et aléa en utilisant des pondérations reflétant leur importance relative. Flexibilité et précision, subjectivité dans le choix des pondérations.

## 4.3 Résultat du risque chute de blocs :

### 4.3.1 Cartographie des sections à risques

Les routes en blanc représentent les **sections** avec un **risque nul**, en beige un **risque faible**, en orange, un **risque moyen** et en rouge foncé un **risque élevé**.

En montagne le **risque** ressort bien dans les zones exposées (Contreforts pyrénéens, La Clape, les Corbières et la Montagne Noire).

Les notes de **risque** sont comprises entre 0 et 15,2 sur 30. En occultant les notes avec un **aléa nul** (0) les notes sont comprises dans un intervalle allant de 0,5 à 15,2. Compte tenu de la médiane (2,8), de la moyenne (3,66) et de l'écart-type (2,73), les données sont ramassées avec des valeurs exceptionnellement élevées.



Carte 3 : Classification du risque mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet)  
**Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

### 4.3.2 Outil de visualisation des risques

Afin de faciliter l'exploitation et la visualisation des résultats pour le CD11, nous avons utilisé QGIS2web, un outil qui permet la création de cartes interactives à partir de projets QGIS. Cette solution, disponible en local, simplifie l'accès aux données en les rendant facilement accessibles sans nécessiter de connexion Internet (mise à part pour les fonds de cartes) ou de serveurs distants.



Photo 5 : Capture d'écran du visualiseur Qgis2web présentant les sections selon leur niveau de risque

Cette solution ne se limite pas à une simple nouvelle modalité de diffusion de nos résultats ; elle représente un véritable outil pour une lecture efficace de l'information. En partant du principe que l'intelligence doit enrichir l'action, cette carte interactive permet à l'utilisateur, dans un premier temps, d'identifier rapidement les sections à risque sur son territoire grâce à la couche dédiée au risque. Cela offre une première opportunité de hiérarchiser les zones prioritaires. Ensuite, en consultant la couche Aléa, l'utilisateur pourra déterminer avec précision où des interventions sont nécessaires, facilitant ainsi une prise de décision éclairée et ciblée. Il permet de communiquer sur le risque de chutes de blocs auprès des élus en facilitant la visualisation des résultats par rapport à des données SIG. Cet outil est disponible en local ce qui simplifie l'accès aux données. C'est un outil simple et intelligible à tous afin d'améliorer leur réactivité dans la prise de décision en vue de préserver les usagers du réseau routier.

## 4.4 L'importance de faire vivre cette base de données

Pour garantir une gestion continue et proactive des dangers associés à ce phénomène naturel, il est important de faire évoluer cette base de données. Cela implique de mettre à jour, de surveiller et d'utiliser ces données de manière dynamique afin d'améliorer la sécurité des populations et des infrastructures, tout en anticipant et en s'adaptant aux évolutions des risques afin d'identifier les nouvelles zones à risque et entreprendre des mesures de protection des usagers de la route. C'est la raison pour laquelle le Cerema a rajouté dans les données cartographiques mises à votre disposition des couches « évènements » et « équipements » afin que vous puissiez les alimenter.

### 4.4.1 La couche évènement

La couche évènement serait à réaliser sur notre projet en ajoutant une couche évènement à celles existantes : Enjeu, Aléa, Risque

Elle a pour objectif de recenser toutes les chutes de blocs. Elle est destinée à consigner tous les événements liés aux chutes de pierres sur le réseau, ces données permettront, à terme, d'affiner la méthode d'évaluation du risque en y intégrant à la fois plus de précision et une dimension de fréquence.

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

Bien que la méthode de calcul du risque utilisée soit pertinente, elle présente certaines limites. L'idéal aurait été de disposer de données précises sur les événements réels, tels que les chutes de blocs, survenus sur le réseau au cours des dernières années. Ces informations, regroupées dans une couche Événement, auraient permis de pondérer les notes des portions de route directement affectées par des incidents avérés. En intégrant cette dimension de fréquence et de réalité terrain, le calcul du risque aurait gagné en précision, offrant une évaluation plus fidèle des dangers présents sur le réseau.

Pour pallier cette lacune, une couche Événements a été créée. Elle est conçue pour évoluer avec l'ajout de nouvelles données, en impliquant activement les intervenants sur le réseau. Ce travail collaboratif permettra de compléter cette base avec les événements futurs, afin d'affiner continuellement l'évaluation des risques. Grâce à cette approche dynamique, l'analyse deviendra progressivement plus précise et opérationnelle, rendant la gestion des risques encore plus efficace.

Actuellement, la couche Événements contient déjà plusieurs informations historiques, telles que les données issues des archives du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) ainsi que certaines interventions répertoriées par le CD11 et le Cerema. Elle se base sur des critères prédéfinis pour structurer les informations de manière cohérente et exploitable.

Cette couche Événements est accompagnée d'une base de données des procès-verbaux des intervenants des routes, qui documentent les incidents et les interventions passées. Ces documents (.pdf) sont désormais consultables directement depuis QGIS grâce au bouton action, offrant une intégration fluide entre les données cartographiques et les rapports terrain.

En résumé, cette couche Événements constitue un outil essentiel pour affiner les analyses futures, tout en permettant une gestion continue et actualisée des incidents liés aux chutes de blocs sur le réseau

#### **4.4.2 Le champ équipement**

Afin d'enrichir cette base de données, la couche Équipement est à créer (ou à reverser) dans le but de visualiser les Ouvrages de Protections de Falaises au regard de la caractérisation des niveaux d'aléas rocheux sur les portions.

Dans le cadre de cette étude, l'aléa a été défini de manière brute, sans prendre en compte les équipements de protection déjà présents sur le réseau, tels que les grillages, pare-écrans ou autres dispositifs de sécurisation. Cette approche nous a permis de réaliser une évaluation strictement géologique et structurelle des risques liés aux chutes de blocs.

Toutefois, il serait pertinent d'envisager, pour une étude ultérieure, l'ajout d'un champ Équipement au sein de la couche aléa. Cela apporterait non seulement une information complémentaire, mais pourrait également permettre de pondérer le risque en fonction des dispositifs de protection existants, optimisant ainsi la priorisation des interventions.

À la suite de la réunion finale avec le CD11, deux couches SIG répertoriant les équipements en place sur le territoire nous ont été transmises et intégrées telles quelles au projet QGIS.

#### **4.4.3 Qfield**

Dans la continuité de cette étude et pour assurer une gestion proactive des données, l'utilisation de l'application QField pourrait s'avérer extrêmement bénéfique. QField est une solution mobile qui permet de consulter, modifier et mettre à jour directement sur le terrain les données géospatiales contenues dans QGIS. Cette application pourrait grandement faciliter la collecte et la mise à jour régulière des informations relatives à l'aléa, à l'enjeu ou encore à la couche événement.

## 5 CONCLUSION

### 5.1 Pourquoi une collectivité se lancerait dans ce type d'étude ?

L'analyse du risque de chute de blocs sur le réseau routier d'une collectivité est essentielle pour garantir la sécurité des usagers, préserver les infrastructures, réduire les coûts liés aux accidents et à la gestion des crises (déviation du trafic, jurisprudence) et optimiser la gestion de son patrimoine routier.

#### 5.1.1 Pour des questions de sécurité des usagers

La chute de roches sur une route représente un danger direct pour les automobilistes, les piétons et les cyclistes. Ces accidents peuvent entraîner des dommages matériels importants, voire des blessures graves ou des décès. L'analyse des risques permet d'identifier les zones à haut risque et de mettre en place des mesures de protection pour protéger les usagers du réseau routier.

#### 5.1.2 Pour des questions de préservation de l'infrastructure

Les chutes de roches peuvent endommager les infrastructures routières. Cela peut entraîner des coûts importants de réparation, voire la nécessité de reconstruire des portions entières de routes. Une analyse préalable permet non seulement d'éviter ces dégradations coûteuses mais aussi d'interrompre le trafic sur une section perturbant ainsi les déplacements et les activités économiques locales. Certaines routes sont essentielles pour l'économie locale (transport des marchandises, tourisme, déplacements domicile-travail, etc.). Leur fermeture causée par un éboulement peut avoir des impacts économiques considérables.

#### 5.1.3 Pour des questions de réduction des coûts à long terme

Gérer en amont les risques liés aux chutes de roches coûte généralement moins cher que d'intervenir après un incident. La mise en place de mesures préventives (filets de protection, murs pare-avalanches, barrières, etc.) permet d'éviter des interventions d'urgence coûteuses, des travaux de réparation et des pertes économiques liées à la fermeture des routes.

#### 5.1.4 Pour des questions de responsabilité juridique

En tant que gestionnaire des routes, la collectivité a la responsabilité de garantir la sécurité des infrastructures publiques et des usagers. Si une chute de roches cause un accident ou des dégâts matériels, la collectivité peut être tenue pour responsable si elle n'a pas pris les mesures nécessaires pour prévenir le risque. Afin de se prémunir de tout risque, la collectivité doit veiller à respecter quatre points essentiels :

##### 5.1.4.1 *L'existence d'une signalisation appropriée des risques de chutes de blocs*

Cette signalisation doit être décorrélée des panneaux de signalisation routière classiques disposés 150 mètres avant et après une portion à risque. Une signalisation appropriée peut-être, par exemple un message de vigilance particulière en cas de conditions climatiques favorables aux éboulements ou d'approche dans une zone exposée, un feu simple clignotant en rouge en amont de la portion couplée à un message de vigilance. La mise en œuvre du feu clignotant nécessite la mise en place d'une instrumentation permettant son déclenchement.

#### **Pour aller plus loin :**

Les résultats de cette étude permettent au CD11 de croiser ce risque pour mettre en place une signalisation particulière avec des messages informant l'utilisateur de la route qu'il traverse une zone à risque.

##### 5.1.4.2 *La surveillance régulière de la route et les chroniques passées en matière de chute de blocs*

Pour ce point, il s'agit de tracer le suivi des mesures de prévention et de contrôle effectuées (inspection des routes...) et conserver ce suivi.

#### **Aléa rocheux et mobilité**

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

#### 5.1.4.3 - La connaissance de l'aléa prenant en compte les antécédents

Au travers des retours d'inspection de site des ouvrages de protection.

##### Pour aller plus loin :

Les résultats de cette étude permettent au CD11 de croiser ce risque pour effectuer une surveillance fine de l'aléa sur les sections à risque (fréquence des chutes de blocs sur une période de temps) avant d'envisager une priorisation des ouvrages de protection à mettre en œuvre.

#### 5.1.4.4 La justification d'absence d'ouvrage de protection

L'absence d'ouvrages de protection à l'endroit de l'accident doit être justifié (fréquence des évènements, au coût des ouvrages et à leur faisabilité technique).

##### Pour aller plus loin :

Les résultats de cette étude permettent au CD11 de croiser ce risque pour envisager la pose d'ouvrages de protection selon le budget alloué pour cette opération en priorisant les secteurs les plus exposés

### 5.1.5 Pour des questions de gestion de crises

En réalisant une analyse des risques, la collectivité doit disposer de protocoles de gestion de crise adaptés en cas de chute de roches. Cela permet de réagir rapidement, de sécuriser la zone et de minimiser les conséquences pour la population.

### 5.1.6 Pour des questions d'adaptation au changement climatique

Le changement climatique augmente la fréquence et l'intensité des événements météorologiques extrêmes (pluies torrentielles, périodes de gel-dégel, etc.), qui peuvent accroître le risque de chutes de roches. En analysant les risques, la collectivité peut adapter ses politiques d'infrastructures pour faire face à ces nouveaux enjeux climatiques.

##### Pour aller plus loin :

La méthode utilisée dans le cadre de cette étude repose sur l'évaluation croisée de deux aspects principaux : l'aléa (ici, les chutes de blocs) et les enjeux de mobilité (l'importance des sections routières en termes d'usage). Cette approche peut être adaptée à plusieurs autres types de risques naturels (inondation, ruissellement, etc.), en particulier ceux qui concernent les infrastructures touchées par des événements climatiques comme les routes, les ponts, ou les réseaux de transport.

### 5.1.7 Pour des questions d'attractivité du territoire

Dans les régions où le tourisme est une source importante de revenus, notamment dans les zones de montagne, les chutes de roches peuvent dissuader les visiteurs si les routes deviennent dangereuses ou impraticables. En informant les usagers des routes sur les risques, la collectivité peut réduire le danger et responsabiliser les conducteurs, ou autres usagers, par exemple, en installant des panneaux de signalisation indiquant les zones à risques.

Une gestion proactive des risques permet de sécuriser ces zones et de rassurer les touristes.

### 5.1.8 Pour des questions de sensibilisation des élus du territoire

Les élus occupent une position essentielle dans le processus de prise de décision, l'allocation des ressources et la définition des priorités en matière de sécurité et de développement. C'est pourquoi le Cerema a mis à disposition du Conseil Départemental de l'Aude (CD11) un outil de visualisation des sections à risque. Cet outil, conçu pour être simple et intelligible, vise à améliorer la réactivité des élus dans leur prise de décision, dans le but de garantir la sécurité des usagers du réseau routier.

## Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

## 6 GLOSSAIRE

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Affleurement</b>           | Partie d'une formation géologique visible en surface  |
| <b>Aléa</b>                   | <p>Le mot « aléa » vient du latin <i>alea</i> qui signifie « coup de dés ». De façon générale, ce terme peut être défini comme la probabilité de manifestation d'un phénomène naturel donné, sur un territoire donné, dans une période de référence donnée</p> <p>Termes spécifiques au domaine rocheux :</p> <p><b>Aléa de rupture</b> : même définition que la précédente</p> <p><b>Aléa de propagation</b> : recouvre toute la problématique de la zone couverte par le cheminement des blocs issus de la rupture</p> <p><b>Aléa résultant</b> : correspond à la résultante des aléas de rupture et de propagation</p> |
| <b>Compartiment rocheux</b>   | La notion de compartiment correspond à la plus petite structure instable physiquement individualisable sur le terrain. Par compartiment instable, il faut entendre également des ensembles regroupant plusieurs éléments dont la stabilité est liée   |
| <b>Discontinuités</b>         | Ensemble des cassures ou interruptions délimitant des masses rocheuses  |
| <b>Éboulements rocheux</b>    | Détachement soudain et souvent imprévisible, de masses rocheuses depuis un versant ou depuis une paroi de falaise   |
| <b>Enjeux</b>                 | Dans le bassin de risques, personnes, biens, activités, moyens, patrimoine, ..., présents et à venir, susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel et d'en subir les préjudices ou les dommages  |
| <b>Évènement exceptionnel</b> | Il s'agit d'un aléa conduisant à un scénario présentant une probabilité telle que sa prise en compte, s'il survient, n'est pas gérée en termes de travaux mais plutôt en gestion de crise.  |
| <b>Faciès</b>                 | Catégorie dans laquelle une roche peut être rangée en fonction de sa composition, de sa structure, de son origine, ...  |
| <b>Faille</b>                 | Cassure du terrain plus ou moins profonde, toujours accompagnée d'un déplacement relatif des parties séparées. Elle peut être fermée ou ouverte, avec ou sans remplissage   |
| <b>Fractures</b>              | Cassure naturelle avec ou sans déplacement séparant deux compartiments rocheux  |
| <b>Géotechnique</b>           | Ensemble des applications des connaissances concernant les propriétés des sols, des roches et des ensembles géologiques, notamment en vue de la construction de routes, d'ouvrages d'art, de bâtiments...   |
| <b>Intensité</b>              | Expression de la violence ou de l'importance d'un phénomène d'instabilité, mesurée à partir de paramètres physiques (volume de matériaux mis en jeu, dynamique, ...). L'intensité des mouvements de terrain permet de plus d'évaluer leur « dommageabilité » vis-à-vis des constructions et leur gravité vis-à-vis des vies humaines  |

### Aléa rocheux et mobilité

Développement d'une méthode évaluer le risque chutes de blocs à l'échelle du département de l'Aude

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Mobilité (enjeu)</b>        | Dans le contexte de cette étude, la mobilité fait référence aux déplacements et aux flux des usagers du réseau départemental de l'Aude   |
| <b>Occurrence</b>              | Circonstance fortuite  |
| <b>Pendage</b>                 | Inclinaison des couches géologiques par rapport au plan horizontal   |
| <b>Phénomène d'instabilité</b> | Mouvement de terrain, potentiel ou avéré, correspondant au déplacement gravitaire de masses déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles (ou anthropique) représentés par les glissements de terrain, les phénomènes de solifluxion, les coulées boueuses et les chutes de masses rocheuses (chutes de pierres et de blocs, éboulement de masse)  |
| <b>Risque naturel</b>          | Le risque naturel se caractérise comme la confrontation d'un aléa (probabilité de manifestation d'un phénomène donné) et d'un enjeu (présence de biens, d'activités et/ou de personnes). La délimitation des zones exposées aux risques, fondée sur un critère de constructibilité et de sécurité, s'effectue donc à partir du « croisement » d'une carte d'aléas et d'une carte d'enjeux. Conventionnellement, trois niveaux de risque se distinguent dans un P.P.R. : le risque considéré comme nul (couleur blanche), le risque moyen (couleur bleue) et le risque fort (couleur rouge) |
| <b>Trajectographie</b>         | Étude de la propagation d'un bloc à partir d'une modélisation de la falaise et du versant sous-jacent  |
| <b>Valeur du temps</b>         | La valeur du temps en économie des transports représente le montant qu'un individu est prêt à payer pour réduire la durée de son trajet. Elle reflète l'arbitrage entre les coûts financiers et les économies de temps, ce qui permet d'expliquer les choix de modes de transport (par exemple, avion vs TGV). Elle est un indicateur clé dans l'évaluation des projets d'infrastructure, car elle justifie financièrement les investissements en fonction des gains de temps qu'ils permettent, et sert à orienter les politiques publiques en matière de transport                       |
| <b>Vulnérabilité</b>           | Au sens large, exprime le niveau de conséquence prévisible d'un phénomène naturel d'instabilité sur un enjeu en prenant en compte le caractère de danger pour les vies humaines. Le nombre et le temps de séjour des personnes dans la zone exposée caractérisent donc la vulnérabilité d'un bien  |

# 7 TABLE DES ILLUSTRATIONS

## 7.1 Photos

|   |    |
|---|----|
| Photo 1 : Exemple de photo représentant un aléa faible .....  | 21 |
| Photo 2 : Exemples de photos représentant un aléa moyen .....   | 22 |
| Photo 3 : Exemples de photos représentant un aléa élevé .....   | 23 |
| Photo 4 : Exemples de photos représentant une zone noire (fort aléa) .....                                  | 24 |
| Photo 5 : Capture d'écran du visualiseur Qgis2web présentant les sections selon leur niveau de risque ..... | 31 |

## 7.2 Schéma

|   |    |
|---|----|
| Schéma 1 : Etapes du calcul du risque ..... | 28 |
|---|----|

## 7.3 Cartes

|  |           |
|--|-----------|
| Carte 1 : Classification de l'enjeu mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet) .....       | 19        |
| Carte 2 : Classification de l'aléa mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet) .....        | 26        |
| <i>Carte 3 : Classification du risque mobilité en quatre classes sur le département du CD11 (les limites de district apparaissent en violet) .....</i> | <i>30</i> |



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**Cerema**

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN