

# \_ Étude de hiérarchisation du risque d'éboulement rocheux sur le réseau des routes départementales de la Drôme

## Méthode et résultats

# -Objectif de l'étude

- Hiérarchisation du risque d'éboulement rocheux sur le réseau des routes départementales de la Drôme
- Déterminer les ordres de priorité des interventions (études et travaux de protection/prévention) à l'échelle du département

# Présentation de la méthode

- **Hiérarchisation du risque d'éboulement rocheux sur le réseau des RD de la Drôme**
- **Évaluation de différents indices :**
  - indice d'aléa
  - indice d'enjeux
  - indice de vulnérabilité
  - indice de risque
  - indice de mitigation
- **Ces indices sont une combinaison de critères jugés pertinents prenant différentes valeurs. Il convient donc :**
  - de déterminer une règle d'estimation de chaque indice
  - de préciser le poids relatifs aux différents critères
  - d'attribuer une note aux (classes de) valeurs possibles d'un critère

# Évaluation de l'indice d'aléa chute de bloc et éboulement

Les paramètres jugés significatifs vis-à-vis de l'aléa chute de bloc et éboulement sont :

- Volume mobilisable ( $V_o$ , en  $m^3$ )
- Fréquence de mobilisation ( $F_m$ , nbre/an/linéaire);
- Probabilité atteinte RD ( $P_a$ , %)

Deux cas ont été distingués lors de l'enquête de terrain : la chute de bloc « courant » et un éboulement de masses plus exceptionnel.

En retenant  $n = 3$  (Racine cubique du volume), on considère que l'aléa est proportionnel au diamètre des blocs plutôt qu'à leur masse.

## Équation 1 : Formulation de l'indice d'aléa

$$\text{Indice d'aléa} = I_A = \left( \sqrt[n]{V_o} \times F_m \times P_a \right)_{\text{bloc courant}} + \left( \sqrt[n]{V_o} \times F_m \times P_a \right)_{\text{masse}}$$

# Évaluation de l'indice d'aléa chute de bloc et éboulement

## - Expérience et subjectivité

Sur chaque site, l'expérience des études spécifiques et des travaux de traitement a permis de rapprocher les conditions rencontrées à celles d'autres sites comparables mieux connus, notamment quant à la vitesse d'érosion, au fractionnement des blocs mobilisables et aux trajectoires.

Il demeure une part de subjectivité d'appréciation, notamment quant à la probabilité d'occurrence.

La réduction de cette subjectivité a été recherchée :

- En confrontant fréquemment l'avis de plusieurs personnes de l'équipe,
- En passant en revue tous les sites après l'établissement d'indices d'aléas provisoires pour rechercher une homogénéité d'appréciation et une cohérence de la hiérarchie obtenue par rapport aux sensations du terrain.

# Évaluation de l'indice d'aléa chute de bloc et éboulement

## - Volume des blocs mobilisables

Le volume unitaire des blocs résulte de l'épaisseur des bancs et de l'espacement des plans de fracture.

Pour éviter une trop grande dispersion des résultats, les plus petits volumes de blocs courants saisis sont de  $0.01 \text{ m}^3$  ( $10 \text{ dm}^3$ ), ce qui ne signifie pas qu'il n'existe pas de pierres plus petites.

# Évaluation de l'indice d'aléa chute de bloc et éboulement

## - Fréquence de mobilisation

- La difficulté à quantifier la fréquence de mobilisation résulte principalement de la disparité de linéaire et de dénivelé des versants : faut-il ramener la fréquence à une unité de linéaire ou de surface de versant ou la mesurer à l'échelle de chaque site quelle que soit son étendue ?
- La réponse à cette question a été recherchée de manière très pragmatique :
- En subdivisant les sites les plus hétérogènes et certains des plus longs,
- En testant les indices d'aléas obtenues en intégrant plus ou moins une relation au linéaire du site, pour aboutir au choix de raisonner et de quantifier la fréquence à l'échelle de l'ensemble de chaque site.

# Évaluation de l'indice d'aléa chute de bloc et éboulement

## - Probabilité d'atteinte et impacts directs

- La probabilité d'atteinte a été estimée en tenant compte :
  - Du profil versant et du talus de pied versant,
  - De la largeur de l'accotement et du rôle du fossé ou caniveau éventuel.
- La probabilité d'impact direct est appréciée sur le terrain et prise en compte dans l'indice de vulnérabilité. L'impact direct d'un bloc, particulièrement dommageable est celui qui peut atteindre directement un usager avant un impact sur la chaussée, notamment la tête ou le haut du corps d'un piéton ou d'un cycliste, le toit, le pare-brise ou la vitre latérale d'une voiture.

# Évaluation de l'indice d'enjeux

La méthode est fondée sur la combinaison linéaire des critères suivants :

- Trafic routier (MJA);
- Type de liaison (5 classes), de préférence à la catégorie routière (3 classes)
- Itinéraire singulier ou redondant
- Autres enjeux (selon avis recueilli auprès des CTD)

A contrario les critères suivants ne seront pas utilisés :

- Données jugées peu pertinentes :
  - Largeur de route (réunion du 12/11/2007)
  - Trafic PL
- Données non disponibles ou trop lacunaires :
  - Usages de la voie (générateurs de déplacements) ;
  - Trafic piéton et cycles ;
  - Valeur de (re)-construction de la voie ;
  - Spécifiques OA :
  - Intérêt culturel (architectural, technique, esthétique, historique ... )

## Équation 2 : Formulation de l'indice d'enjeux

$$\text{Indice d'enjeux} = I_E = \left( \dots \text{ poids critère } \dots \right) \times \left( \begin{array}{c} \dots \\ \text{(Classes de) valeurs critère} \\ \dots \end{array} \right)$$

# Évaluation de l'indice d'enjeux

ID Critère	Critères / Classes	Valeurs	Dénombrement tronçons	Poids / Note	Indice enjeux
	<b>Indice de trafic</b>				
	indice = Trafic / 1000				
	<b>Type de liaison (MJA)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,30</b>	
	Communales	9,20%	23	1	0,3
	Intercommunales	38,20%	96	2	0,6
	Secondaires	17,10%	43	3	0,9
	Primaires	28,30%	71	4	1,2
	Transits	7,20%	18	5	1,5
<b>Renseignés</b>	<b>Itinéraire singulier ou redondant</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,20</b>	
3	Largement redondant (3 ou +)	0,40%	1	1	0,2
2	Assez redondant (2)	31,50%	79	2	0,4
1	Faiblement redondant (1)	54,20%	136	3	0,6
0	Singulier (pas de substitution)	13,90%	35	5	1
	<b>Autres enjeux (avis CTD : culturel, architectural, technique, esthétique, historique, autre ...)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,10</b>	
	Pas de réponse	11,20%	28		
0	0	9,60%	24	0	0
1	1	5,20%	13	1	0,1
2	2	21,90%	55	2	0,2
3	3	38,60%	97	3	0,3
4	4	8,80%	22	4	0,4
5	5	4,80%	12	5	0,5
<b>NON RETENU</b>	<b>Classes de trafic (MJA)</b>		<b>251</b>	<b>0,40</b>	
0	0 / 499	55,80%	140	1	0,4
500	500 / 999	24,30%	61	2	0,8
1000	1000 / 1499	10,40%	26	3	1,2
2000	2000 / 2999	2,80%	7	4	1,6
3000	≥ 3000	6,80%	17	5	2

# Évaluation de l'indice de vulnérabilité des éléments exposés

L'indice de vulnérabilité est une combinaison linéaire des critères suivants :

- Victimes potentielles en distinguant :
  - Vulnérabilité primaire selon la probabilité d'un impact plombant (Pid)
  - Vulnérabilité secondaire selon la vitesse moyenne pratiquée (V)<sup>o</sup>
  - Vulnérabilité tertiaire selon le ratio vitesse moyenne sur visibilité (V/Vis);
- Dysfonctionnements :
  - Allongement en temps d'un itinéraire de substitution
  - Allongement en distance d'un itinéraire de substitution

A défaut de données disponibles, la vulnérabilité économique (perte d'exploitation, surcharges induites, etc.), le fonctionnement en cas d'événement (interruption, réduction ou circulation normale), et l'endommagement des infrastructures ne sont pas considérés.

# Évaluation de l'indice de vulnérabilité des éléments exposés

ID Critère	Critères / Classes	Dénombrement tronçons	Poids / Note	Indice vulnérabilité
<b>Pid</b>	<b>Usagers (primaire)</b>	<b>251</b>	<b>0,40</b>	
	Pas de réponse	23	0	0
0	Moins de 1%	65	1	0,4
1	1 à 5%	52	2	0,8
5	5 à 25%	50	3	1,2
25	25 à 75%	45	4	1,6
75	Plus de 75%	16	5	2
<b>V</b>	<b>Usager (secondaire)</b>	<b>251</b>	<b>0,25</b>	
	Pas de reponse	31	0,00	0
0	Moins de 50 km/h	49	1	0,25
50	50 à 60 km/h	72	2	0,5
60	60 à 70 km/h	16	3	0,75
70	70 à 80 km/h	62	4	1
80	Plus de 80 km/h	21	5	1,25
<b>VVis</b>	<b>Usager (tertiaire)</b>	<b>251</b>	<b>0,20</b>	
	Pas de reponse	31	0,00	0
0	Moins de 0,5	8	1	0,2
0,5	0,5 à 1	101	2	0,4
1	1 à 1,5	78	3	0,6
1,5	1,5 à 2	23	4	0,8
2	Plus de 2	10	5	1
<b>Seuils</b>	<b>Allongement durée</b>	<b>251</b>	<b>0,10</b>	
0	Pas d'allongement	6	0,00	0
1	Faible	26	1	0,2
1,2	Moyen	59	2	0,2
2	Important	71	3	0,3
5	Très important	54	4	0,4
	Pas de substitution	35	5	0,5
<b>Seuils</b>	<b>Allongement distance</b>	<b>251</b>	<b>0,05</b>	
0	Pas d'allongement	2	0,00	0
1	Faible	10	1	0,05
1,2	Moyen	86	2	0,1
2	Important	83	3	0,15
5	Très important	35	4	0,2
0	Pas de substitution	35	5	0,25

Temps déviation  
Temps normal

Dist. déviation  
Dist. normale

# Évaluation de l'indice de risque

L'indice de risque représente le produit des indices d'aléa, d'enjeux et de vulnérabilité. Pour conserver un indice de risque du même ordre de grandeur que les indices d'aléas, d'enjeux et de vulnérabilité, un coefficient minorant est considéré (1/9).

## Équation 3 : formulation de l'indice de risque

Indice de risque = Indice d'aléa x Indice d'enjeux x Indice de vulnérabilité / 9

# Évaluation de l'indice de la mitigation

- Un indice de mitigation qui traduise la pertinence d'une solution de réduction du risque, combinaison linéaire des critères suivants :
  - Efficacité du traitement
  - Contraintes liées à la mise en œuvre (perturbation +/- durable du trafic)
  - Contraintes vis-à-vis de la mise en œuvre :
    - Nature des contraintes (environnementale, zone de protection, etc.)
    - Cumul des contraintes
- Le coût des travaux étant un élément décisif, du choix de la mitigation, il a été décidé de le considérer de manière indépendante. Ainsi, le coût des solutions de confortement proposées donne lieu à un indice combinant pour chaque tronçon :
  - Coût total des travaux
  - Coût au mètre linéaire
  - Coût des travaux relevant d'une priorité 1

# Évaluation de l'indice de la mitigation selon la pertinence

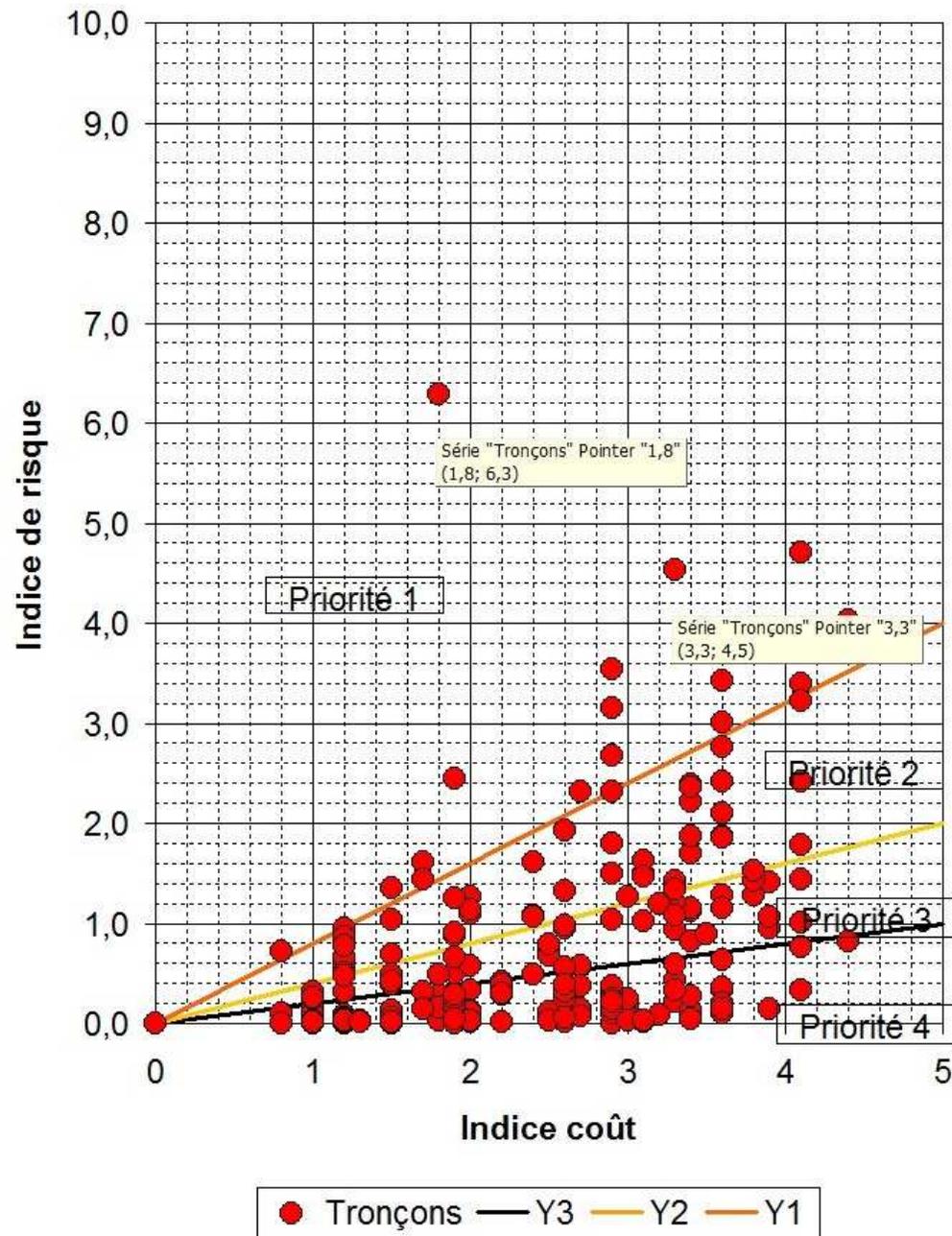
ID Critère	Critères / Classes	Valeurs	Dénombrement tronçons	Poids / Note	Indice mitigation selon la pertinence
<b>Seuils</b>	<b>Efficacité parades</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,40</b>	
	Pas de réponse	10,00%	26	0	0
0	Moins de 75%	3,00%	8	1	0,4
75	75 à 85%	9,00%	22	2	0,8
85	85 à 90%	8,00%	20	3	1,2
90	90 à 95%	26,00%	66	4	1,6
95	Plus de 95%	43,00%	109	5	2
<b>Voies circulables</b>	<b>Perturbations dues aux travaux préventifs</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,30</b>	
	Pas de réponse	10,00%	25	5	1,5
0	Interruption	16,00%	41	1	0,3
1	Alternance	74,00%	185	3	0,9
2	Normal	0,00%	0	5	1,5
<b>Seuils</b>	<b>Durée des travaux préventifs</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,20</b>	
	Pas de réponse	10,00%	25	5	2
0	Moins de 5 jours	4,00%	11	4	0,8
5	5 à 20 jours	33,00%	84	3	0,6
20	20 à 60 jours	41,00%	104	3	0,6
60	60 à 180 jours	10,00%	24	2	0,4
180	Plus de 180 jours	1,00%	3	1	0,2
	<b>Type de contraintes (environnementales, réglementaires, etc.)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,05</b>	
Aucune	Aucune contrainte	39,00%	98	5	0,25
APB	Arrêtés de protection de biotope (APB)	0,00%	0	3	0,15
ZICO	Zones d'importance pour la conservation des oiseaux (ZICO)	1,00%	3	4	0,2
ZNIEFF1	Zones d'intérêt écologique faunistique et floristiques (ZNIEFF 1)	24,00%	59	4	0,2
ZNIEFF2	Zones d'intérêt écologique faunistique et floristiques (ZNIEFF 2)	30,00%	76	4	0,2
Natura2000 SIC	Natura2000, Secteur d'Intérêt Communautaire (SIC)	9,00%	22	2	0,1
Natura2000 ZPS	Natura2000, Zones de protection spéciales (ZPS)	8,00%	19	2	0,1
PNR Vercors	Parc Naturel régional du Vercors	32,00%	81	5	0,25
Géologie	Patrimoine géologique	0,00%	1	0	0
	<b>Cumul de contraintes (environnementales, réglementaires, etc.)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,05</b>	
0	Aucune contrainte	39,00%	98	5	0,25
1	1	33,00%	83	4	0,2
2	2	19,00%	47	3	0,15
3	3	4,00%	9	3	0,1
4	4	5,00%	12	2	0,05
5	5	0,00%	1	1	0

# Évaluation de l'indice de la mitigation selon le coût

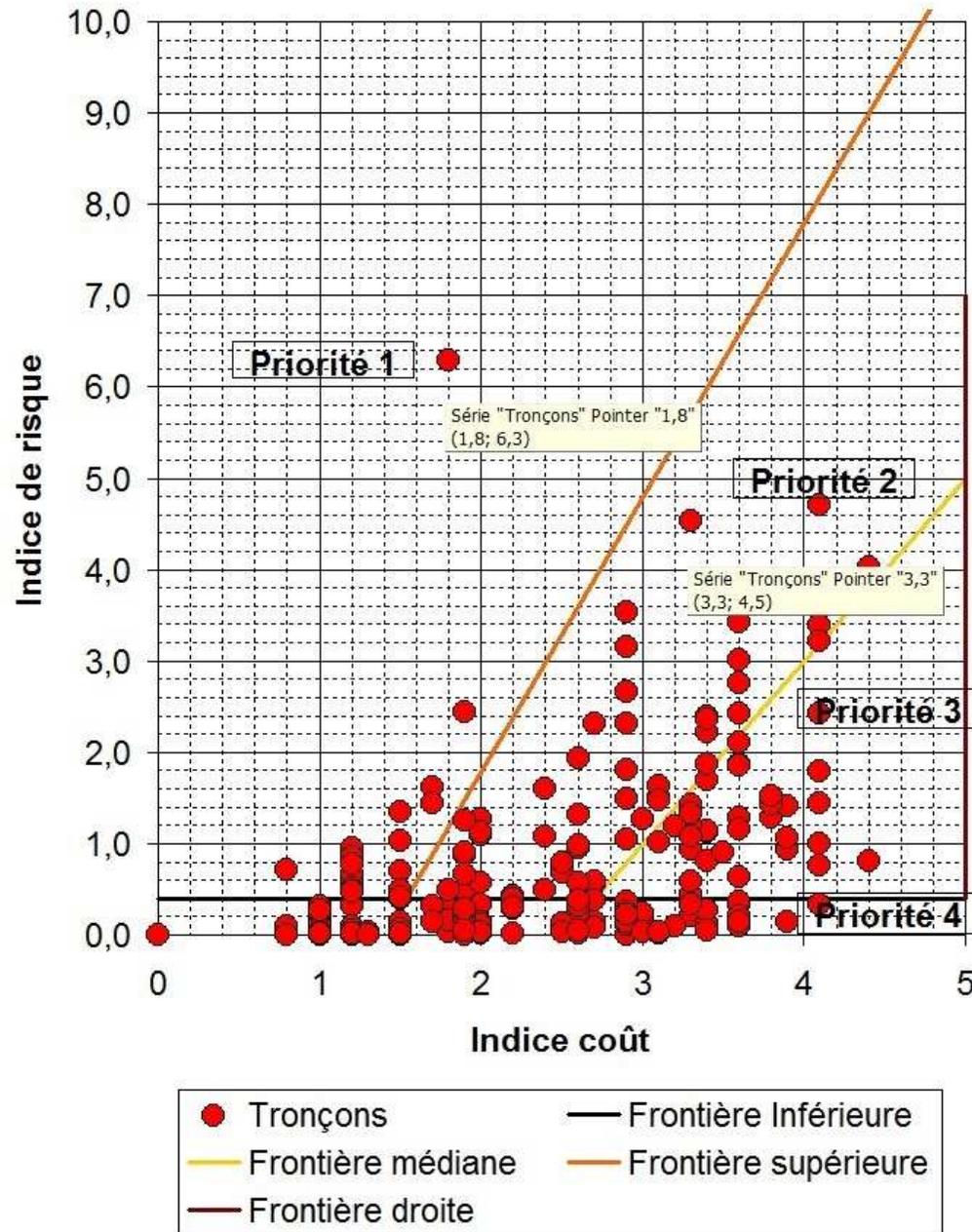
ID Critère	Critères / Classes	Valeurs	Dénombrement tronçons	Poids / Note	Indice mitigation selon le coût
<b>Seuils</b>	<b>Coût des parades (total k€)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,50</b>	
	Pas de réponse	2,00%	5	0	0
0	Moins de 25 k€	32,00%	81	1	0,5
25	25 à 50 k€	14,00%	36	2	1
50	50 à 100 k€	22,00%	55	3	1,5
100	100 à 300 k€	23,00%	58	4	2
300	Plus de 300 k€	6,00%	16	5	2,5
<b>Seuils</b>	<b>Coût des parades (/ml)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,30</b>	
	Pas de réponse	2,00%	5	0	0
0	Moins de 0,1 k€/m	30,00%	75	1	0,3
0,1	0,1 à 0,25 k€/m	29,00%	72	1	0,3
0,25	0,25 à 0,75 k€/m	34,00%	86	2	0,6
0,75	0,75 à 1,25 k€/m	4,00%	11	3	0,9
1,25	Plus de 1,25 k€/m	1,00%	2	5	1,5
<b>Seuils</b>	<b>Coût des parades priorité 1 (total k€)</b>	<b>100,00%</b>	<b>251</b>	<b>0,20</b>	
	Pas de réponse	9,00%	23	0	0
0	Moins de 10 k€	25,00%	64	1	0,2
10	10 à 25 k€	16,00%	40	2	0,4
25	25 à 50 k€	14,00%	36	3	0,6
50	50 à 100 k€	18,00%	44	4	0,8
100	Plus de 100 k€	18,00%	44	5	1

ID	CTD	Indice aléa	Indice enjeux	Indice vulnérabilité	Indice de risque	Indice pertinence mitigation	Indice coût	Ratio indices Risque / Coût	Selon Ratio indices Risque / Coût	Selon indices risque et coûts	Priorité (synthèse)	RD	PR début	PR fin
150	Nyons	2,2	6,1	4,2	6,3	3,75	1,8	3,49	1	1	1	94	61+900	61+990
257	Dieulefit	3,3	3,5	3,5	4,5	3,8	3,3	1,37	1	2	1	70	69	70
191	Saint Jean-en-Royans - Montée au col de la Chau	4,7	1,9	2,5	2,4	2,75	1,9	1,29	1	1	1	76	38	39
198	Saint Jean-en-Royans - Bouvante Col de la Bataille	5,9	1,9	2,85	3,5	3,55	2,9	1,22	1	2	1	199	8+325	8+450
146	Nyons	2,2	1,4	2,95	1,0	4	1,5	0,69	2	1	1	116	16+980	17+050
74	Die	0,9	1,7	3,2	0,5	4,1	1,2	0,42	2	1	1	624	0+940	1+100
135	Die	0,6	2,7	2,8	0,5	3,3	1,2	0,39	3	1	1	61	22+950	23+150
50	Die	0,7	2,0	2,55	0,4	3,9	1,5	0,27	3	1	1	174	0+250	0+290
219	Saint Jean-en-Royans	6,8	1,9	2,3	3,2	2,55	4,1	0,79	2	2	2	76	18+100	21+860
256	Dieulefit	2,4	3,5	2,95	2,8	3,8	3,6	0,77	2	2	2	70	68+265	69
244	Saint Jean-en-Royans	4,7	1,8	2,6	2,4	3,7	4,1	0,59	2	3	2	199	9+180	9+860
175	Romans	2,2	1,5	1,35	0,5	3,3	1,8	0,27	3	2	2	101	32+700	32+850
202	Saint Jean-en-Royans	3,2	1,5	2,85	1,5	3,15	3,8	0,40	3	3	3	221	2+400	4+700
129	Dieulefit	0,9	1,7	2,4	0,4	2,6	1,5	0,26	3	4	3	328	5+150	5+650
215	Saint Jean-en-Royans	1,1	2,7	2,65	0,9	3,75	3,5	0,26	3	3	3	518	33+500	35
200	Saint Jean-en-Royans	0,5	1,9	2,1	0,2	2,85	1	0,24	3	4	3	199	22+400	22+950
159	Die	2,6	1,4	1,95	0,8	3,35	3,4	0,24	3	3	3	338	2+350	2+750
160	Die	2,6	1,4	1,95	0,8	3,5	4,4	0,19	4	3	3	338	2+750	3+350
232	Saint Jean-en-Royans	2,2	1,9	1,65	0,8	3,75	4,1	0,19	4	3	3	518	5	7+075
84	Die	0,5	1,9	3,15	0,3	3	1,7	0,19	4	4	4	135	41+700	42+130
195	Saint Jean-en-Royans	1,0	1,5	2,25	0,4	2,85	2,2	0,18	4	4	4	131	15+500	15+800
40	Die	0,7	1,9	2,25	0,3	4	2	0,16	4	4	4	135	40+950	41+380

# Graphique 1



# Graphique 2

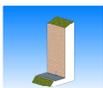


**Identification**

Tronçon : 150  
 CTD : Nyons  
 Site : Vallée de l'Eygues  
 RD : 94 PR : 61+900 à 61+990  
 Longueur (m) : 90

**Description**

Versant supérieur :  
 Versant médian :  
 Versant inférieur : 80m/85°



**Localisation** Crédit IGN SCAN25



**Aléa chute de blocs et éboulement**

**Indice : 2,2**

	Bloc courant	Masse	
Volume unit. (m3)	0,01	0,1	Etude spécifique : Oui
Fréquence mob. (/an)	10	0,1	Ouvrages existants :
Probab. atteinte RD (%)	100	100	Efficacité ouvrages existants (%) : ?
Indice	2,15	0,05	

**Mitigation (parades)**

Coût	Indice : 1,8	Pertinence	Indice : 3,75
Coût total (k€) : 27	1	Efficacité (%) : 90	1,6
Coût total/m (k€/m) : 0,3	0,6	Voies circulables pendant travaux : 1	0,9
Coût priorité 1 (k€) : 10	0,2	Durée travaux (j ouvrés) : 15	0,6
		Type de contraintes	0,6
		Dénombrement de contraintes : 4	0,05

Enjeux	Indice : 6,12	Vulnérabilité	Indice : 4,2
Trafic (MJA) : 3925	3,92	Usager 1, Proba. impact direct (%) : 100	2
Type de liaison : Transits	1,5	Usager 2, Vitesse moyenne (km/h) : 90	1,25
Itinéraire (redondance) : 2	0,4	Usager 3, Visibilité mini (m) : 100	0,4
Autres enjeux : 3	0,3	Allongement durée : 4,58	0,4
		Allongement distance : 5,86	0,15

Risque	Indice : 6,29	Priorité d'intervention	Priorité : 1
--------	---------------	-------------------------	--------------

# Conclusion

A l'issue de cette étude, le Conseil Départemental de la Drôme dispose, pour l'ensemble du réseau départemental :

- D'une évaluation homogène des aléas chute de pierres, de blocs, et éboulement rocheux
- De propositions de principes de parades vis-à-vis de ces aléas, avec un chiffrage des mesures de protection
- D'une évaluation homogène des enjeux, de leur vulnérabilité et du risque chute de blocs et éboulement rocheux
- D'une évaluation homogène de la pertinence des mesures de mitigation
- D'une hiérarchisation des priorités d'interventions de prévention et de protection, compte tenu à la fois du niveau de risque, de coût et de la pertinence des mesures de mitigation

Les tronçons sont ainsi ordonnés :

- Par n° de priorité (1, puis 2, ...)
- Puis par ratio indices de risque / coût décroissant (moins d'efficacité)
- Puis par pertinence de la mitigation décroissante (moins de pertinence)