

<b>Zeitschrift:</b>	Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Herausgeber:</b>	Société Vaudoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	25 (2013)
<b>Artikel:</b>	Exemple d'application dans le Jura du concept de risque pour les dangers naturels sur les routes nationales
<b>Autor:</b>	Kohler, Valérie / Dorren, Luuk / Arnold, Philippe
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-389834">https://doi.org/10.5169/seals-389834</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 18. Exemple d'application dans le Jura du concept de risque pour les dangers naturels sur les routes nationales

par

Valérie KOHLER<sup>1</sup>, Luuk DORREN<sup>2</sup> & Philippe ARNOLD<sup>3</sup>

**Résumé.**—KOHLER V., DORREN L & ARNOLD P., 2013. Exemple d'application dans le Jura du concept de risque pour les dangers naturels sur les routes nationales. *Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 25: 219-227.

Les dangers naturels gravitationnels tels que les avalanches, les chutes de pierres et de blocs, les coulées de boues et les inondations, mais aussi les glissements de terrain menacent régulièrement certains tronçons du réseau national routier suisse. L'Office Fédéral des Routes (OFROU) a établi une méthodologie permettant d'évaluer ces dangers qui menacent les routes nationales suisses suivant des critères uniformes et transparents. La méthodologie présente les critères qui permettent de définir les priorités pour la planification des mesures. Cette méthodologie a été appliquée à la Jonction N16 de St-Ursanne les Gripions dans le canton du Jura (Suisse) afin d'évaluer les risques pour le processus chutes de pierres et de blocs.

**Mots clés:** chutes de pierres, évaluation des risques, planification des mesures.

**Abstract.**—KOHLER V., DORREN L & ARNOLD P., 2013. Example of the application of the risk concept for natural hazard on National roads in the Jura. *Mémoire de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 25: 219-227.

Gravitative natural hazards such as avalanches, rockfalls, debris flow and floods as well as landslides are a constant threat for sections of the national road network in Switzerland. Within this context, a large project for risk-based, Switzerland-wide, road network-related management of natural hazards has been launched by the Federal Office of Roads (FEDRO). The benefit of the methodology developed in this project is that risks are evaluated and managed uniformly with specific goals in mind and that the resources for managing these risks are transparent. The risk concept underlying the methodology is comprised of three parts: (1) Risk analysis – what could happen? This is made up of the hazard, exposure and consequence analysis. (2) Risk evaluation – what is allowed to happen and (3) Planning of measures – what needs to be done? The Risk analysis part of the developed methodology has been applied to a rockfall problem at the N16 junction of St-Ursanne les Gripions in the Canton of Jura (Switzerland). The results are presented in this article.

**Keywords:** rockfall, risk evaluation, planning of protective measures.

<sup>1</sup>MFR Géologie-Géotechnique SA, CH-2800 Delémont; tél.: +41 (0)32 422 61 14.

E-mail: valerie.kohler@mfr.ch

<sup>2</sup>Office fédéral de l'environnement, CH-3063 Ittigen; tél.: +41 (0)31 324 10 24.

E-mail: luuk.dorren@bafu.admin.ch

<sup>3</sup>Office Fédéral des Routes, CH-3063 Ittigen; tél.: +41 (0)31 323 25 05.

E-mail: philippe.arnold@astra.admin.ch

## INTRODUCTION

Les dangers naturels gravitationnels tels que les avalanches, les chutes de pierres et de blocs, les coulées de boues et les inondations, mais aussi les glissements de terrain menacent régulièrement certains tronçons du réseau national routier suisse. Les récents éboulements survenus sur la N2 près du Gothard illustrent ces faits de manière impressionnante, tout comme les intempéries de 2005 ou les avalanches de l'hiver 1999. Dans ce contexte, l'Office Fédéral des Routes (OFROU) a lancé un projet nommé «Dangers naturels sur les routes nationales», en collaboration avec l'OFEV. Ce projet s'articule autour de l'évaluation et de la gestion des dangers naturels fondées sur les risques, applicable à l'ensemble du territoire suisse et intégrant tout le réseau des voies de communication.

L'OFROU a établi ainsi une méthodologie (DORREN *et al.* 2009) permettant d'évaluer les dangers naturels gravitationnels (avalanches, éboulements, crues, glissements de terrain et affaissements) qui menacent les routes nationales suisses, suivant des critères uniformes et transparents, et de planifier des mesures contre ces dangers sur la base critères coût-utilité.

Cette méthodologie a été appliquée à la jonction N16 de St-Ursanne les Gripions (Jura, Suisse) pour le processus «chutes de pierres et de blocs» (figure 1), afin de définir s'il est nécessaire de planifier des mesures de protection. Suite à un événement survenu en juin 2008 (figure 3), il a été démontré que le site peut être menacé par des chutes de pierres et de blocs, au vu des zones sources potentielles identifiées sur le terrain (figure 2) et la configuration topographique et géométrique du site.

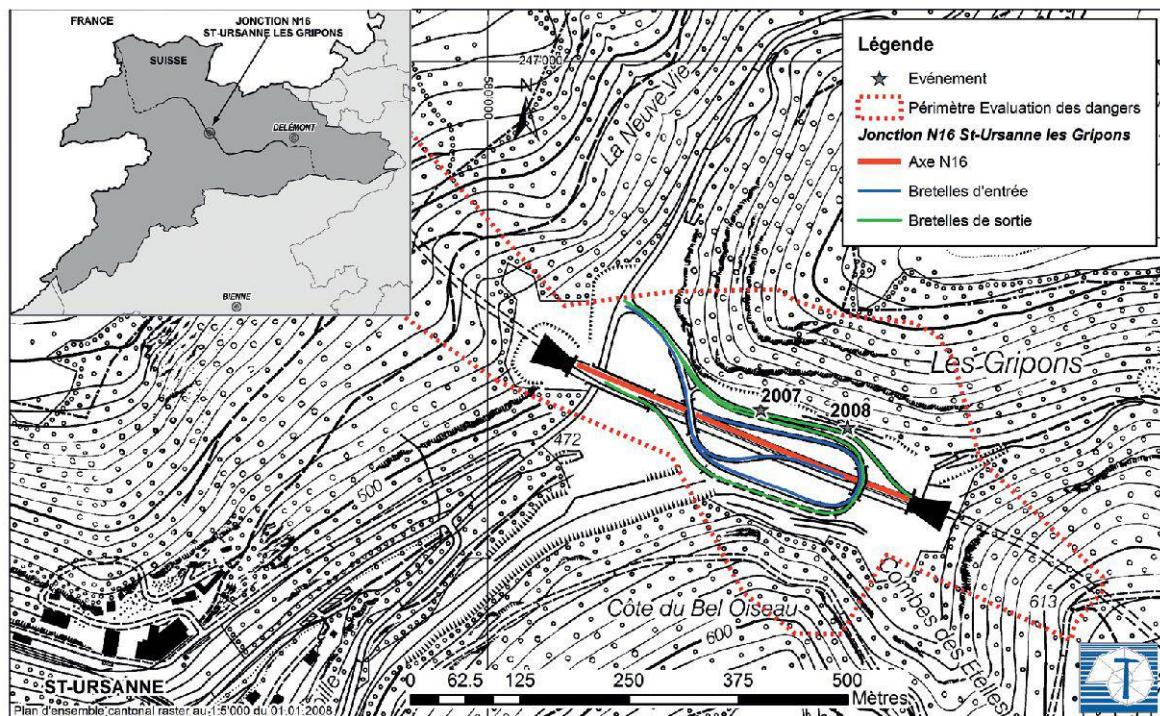


Figure 1.—Situation de la jonction N16 de St-Ursanne les Gripions. Les deux événements recensés sont représentés par une étoile avec l'année de l'événement.

Localisation of the highway junction N16 of St-Ursanne les Gripions. Both recent events identified are represented by a star with the year of the event.



Figure 2.–Exemple d’instabilité rocheuse ( $1 \text{ m}^3$ ).

Example of unstable rock ( $1 \text{ m}^3$ ).



Figure 3.–Bloc arrêté dans la paroi ancrée.

Block stopped in the wall anchored.

## OBJECTIFS DE L'OFROU

Les objectifs de la mise en application de cette méthodologie sont les suivants (OFROU 2009):

- évaluation des dangers naturels gravitationnels selon une méthodologie unique en termes de type de danger, d'intensité et de probabilité;
- estimation chiffrée et comparaison des conséquences (dommages) inhérentes à ces dangers naturels pour les usagers et les exploitants des routes, ainsi que les risques subséquents;
- intégration des résultats à la gestion des risques opérée au niveau de l'ensemble de l'OFROU et comparaison à d'autres risques;
- comparaison des risques existants avec les critères définis par l'OFROU (voir page 5), et définition des actions requises;
- établissement des priorités dans la planification de mesures de réduction des risques;
- évaluation de la mesure ou de la combinaison optimale de mesures sur la base du rapport coût-utilité;
- priorisation et mise en oeuvre des mesures au meilleur coût.

## LE CONCEPT DE RISQUE

Le concept de risque servant de base à la méthodologie comprend les étapes suivantes:

- Analyse des risques (Que peut-il se passer ?)
- Evaluation des risques (Que peut-on accepter ?)
- Planification des mesures (Que faut-il faire ?).

### *Analyse des risques*

L'analyse des risques comprend l'analyse des dangers, et l'analyse de l'exposition, de la vulnérabilité et des conséquences.

L'analyse des dangers évalue la probabilité et l'étendue des dangers naturels. La méthodologie garantit que le choix des scénarios déterminants pour le danger potentiel se fait selon des critères homogènes et transparents. Ces critères sont basés sur l'analyse des événements historiques, l'analyse de données statistiques, le relevé de témoins muets sur le terrain, l'appréciation de la prédisposition du terrain et l'évaluation des mesures de protection existantes et de la forêt protectrice. Les scénarios établis ainsi sur l'origine du danger pour chaque source de processus permettent:

- de délimiter les rayons d'action le long des routes nationales en tenant compte des conditions spécifiques;
- de les représenter sous forme de cartes d'intensité;
- de collecter les paramètres significatifs pour évaluer les dommages potentiels.

L'analyse de l'exposition, de la vulnérabilité et des conséquences consiste à quantifier, par source de processus et par scénario, les risques des différents types de dommages causés par les dangers naturels. Les risques considérés sont:

- *les risques pour les personnes* engendrés par un impact direct ou un télescopage avec un obstacle sur les routes nationales, en tenant compte des situations de trafic «normal» et «situation de bouchon»;
- les risques pour les personnes générés par un impact direct sur des installations annexes, tels que les aires de repos, les centres d'entretien, etc.
- *les risques matériels* résultant des travaux de déblaiement et de remise en état suite à un événement naturel;
- *les risques de non disponibilité* qui interviennent lorsqu'un tronçon de route doit être fermé préventivement (système de surveillance) ou suite à un événement naturel. Il s'ensuit des trajets de déviation plus longs pour les usagers. Ce risque est quantifié à l'aide du taux de coût des embouteillages (OFROU 2009, p.58).

Tous ces risques sont quantifiés séparément et convertis en valeur monétaire pour être comparés.

#### *Evaluation des risques*

L'évaluation des risques permet de vérifier si les risques identifiés peuvent ou non être supportés par les exploitants des installations et par la société. Elle sert également d'outil d'aide à la décision pour la planification et mise en œuvre de mesures.

Le critère de contrôle fixé par l'OFROU pour le *risque individuel de décès* est une valeur limite de probabilité de décès de  $1 \times 10^{-5}$  par an. Cette valeur s'applique aux usagers empruntant régulièrement un parcours défini (p. ex. pendulaires qui parcourent deux fois par jour un tronçon de route déterminé). Cette valeur sert de critère de contrôle et non d'objectif de protection absolu. Elle garantit que les tronçons présentant un risque individuel plus élevé que la valeur limite soient reconnus comme tels, et feront l'objet d'une évaluation de mesures de réduction des risques. Ces mesures seront mises en œuvre pour autant que leurs efficience et efficacité soient démontrées (rapport coût-utilité  $\leq 1$ ).

#### *Planification des mesures*

Les exemples cités en introduction montrent qu'il existe un très grand nombre de tronçons menacés par des dangers naturels, et donc autant de zones à risques.

Il conviendrait pour chaque zone à risques d'élaborer des mesures et d'en apprécier leur efficacité avant de pouvoir établir un ordre de priorité. Pour des raisons de ressources limitées, il est impossible de procéder ainsi pour établir cet ordre de priorité avant 2014 pour l'ensemble du territoire suisse. C'est pourquoi l'OFROU a fixé deux critères qui permettent de définir un ordre de priorité, déjà au stade de l'appréciation du risque.

Les zones ou tronçons à traiter en haute priorité doivent remplir au moins un des deux critères suivants:

1. Risque sur le tronçon  $> 100$  CHF par m et par an.
2. Risque de la zone de processus  $> 10'000$  CHF par zone et par an.

Il en résulte une liste de priorités comprenant des tronçons nécessitant l'élaboration et l'examen de mesures de haute priorité. La définition des priorités de planification des mesures ne fait pas véritablement partie de l'appréciation du risque; c'est un outil simple

et pratique pour aborder et traiter les tâches le long de l'axe temporel. Les valeurs limites employées n'ont aucun caractère absolu et peuvent donc être adaptées en conséquence.

#### APPLICATION DU CONCEPT DE RISQUE

##### *Contexte*

La jonction N16 de St-Ursanne les Gripions est localisée dans un synclinal d'axe NE-SW dans le Jura plissé, caractérisé par des plis de grande amplitude. Elle fait la liaison entre deux tunnels et est située dans une «cuvette». Les falaises de faible hauteur (< 10 m), présentes dans les quatre versants alentour, sont formées de bancs calcaires avec un faible pendage (0 à 20°) vers le N-NE; il s'agit principalement des calcaires du Séquanien et du Kimméridgien. Tous les versants sont couverts par des forêts mixtes relativement ouvertes. Cependant, ces dernières ont un effet freineur conséquent pour la taille des blocs en question (tableau 1).

Tableau 1.–Taille des blocs attendus sur la chaussée pour les scénarios considérés.  
Block size expected on the road for the scenarios considered.

Scénarios	Volume initial (Zone source) (m <sup>3</sup> )	Volume moyen des éléments (m <sup>3</sup> )	Hauteur moyenne des éléments (m <sup>3</sup> )
10 ans	0.5	0.13	0.5
30 ans	2	0.5	0.8
100 ans	50	1	1
300 ans	50	1	1

Deux événements de chutes de pierres sont recensés à la jonction N16 de St-Ursanne les Gripions, depuis sa mise en service en 1998. Tous les deux se sont produits dans le versant des Gripions, au Nord de la jonction (figure 1). En 2007, un bloc de 120 t a atteint une zone de replat en pied de versant, en bordure d'autoroute. En juin 2008, un bloc de 200 t s'est remobilisé et a terminé sa trajectoire sur le couronnement d'une berme intermédiaire de la paroi ancrée, qui limite la bretelle de sortie de l'autoroute, direction France (figure 3).

Suite à ces événements, une analyse des risques a été réalisée pour le processus chutes de pierres et de blocs afin de déterminer s'il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures de protection. Le site n'est pas menacé par d'autres dangers gravitationnels.

##### *Appréciation des risques*

Le danger provient principalement du versant des Gripions, au Nord de la jonction. Les instabilités rocheuses potentielles, identifiées dans les deux à trois niveaux de falaise, ont un volume de l'ordre de 0.5 m<sup>3</sup> (scénario 10 ans) à 2 m<sup>3</sup> (scénario 30 ans) et menacent principalement la bretelle de sortie, direction France (figure 2). L'axe N16 n'est pas touché par ces deux scénarios. L'axe N16 est uniquement exposé aux scénarios 100 et 300 ans

qui sont basés respectivement sur un volume initial de 50 m<sup>3</sup> et une masse de plusieurs centaines de m<sup>3</sup> formé par le coin Nord-Ouest du versant des Gripions.

Les cartes d'intensité pour des périodes de retour de 10, 30, 100 et 300 ans, établies à l'aide d'un outil de simulation de chutes de pierres, ont permis de définir les paramètres nécessaires au calcul du risque. Parmi les risques des différents types de dommages (voir page 5), deux sont considérés comme nul pour le cas de la jonction N16 de St-Ursanne les Gripions. Il s'agit du risque pour les personnes en situation de bouchon, car la jonction n'est pas répertoriée comme un secteur à bouchon, ainsi que du risque de non disponibilité en cas de fermeture préventive, le site ne faisant pas l'objet de mesures de surveillance avec système d'alarme.

Les résultats de l'analyse des risques sont présentés dans le tableau 2. Les risques sont quantifiés séparément et convertis en valeur monétaire pour chaque élément de la jonction (axe et bretelles d'entrée et de sortie).

Ces résultats montrent que l'axe N16 et la bretelle de sortie, direction France, présentent les risques collectifs les plus élevés de la jonction (MFR 2010). Cependant, le risque prépondérant sur l'axe N16 est le risque de non disponibilité, soit la fermeture de route suite à un événement. Il représente plus de 77% du risque collectif, alors que le risque pour les personnes est de 21% (figure 4) et le risque matériel de seulement 2%.

Tableau 2.–Résultats de l'analyse des risques.

Results of risk analysis.

Jonction St-Ursanne Les Gripions	Longueur du tronçon	Risque pour les personnes monétarisé avec CHF 5 mio			Risque matériel			Risque collectif	Risque individuel de décès
		Risque Impact direct - Situation normale	Risque Impact direct - Situation bouchon	Risque Télescopage	Coûts de déblaiement et remise en état	Frais entraînés par une interruption du trafic (fermeture suite à un événement)	Frais entraînés par une interruption du trafic (fermeture préventive)		
	[m]	[CHF/an]							[Prob./an]
Axe N16	387	566	0	69	50	2'335	0	3'021	1.28E-08
Entrée dir. Delémont	364	26	0	148	16	132	0	322	2.57E-08
Entrée dir. France	444	45	0	589	64	324	0	1'023	1.56E-07
Sortie dir. Delémont	646	49	0	487	90	220	0	846	1.32E-07
Sortie dir. France	414	177	0	1'339	168	982	0	2'666	2.35E-07
Total	2'255	864	0	2'632	388	3'993	0	7'877	5.62E-07

En revanche, le risque prépondérant sur la bretelle de sortie, direction France, est le risque pour les personnes (57%). La fermeture de route suite à un événement représente 37% du risque collectif. Ici, le risque matériel reste négligeable avec 6% du risque collectif. Ces résultats confirment ainsi que la bretelle de sortie, direction France, est l'élément le plus exposé de la jonction N16 de St-Ursanne les Gripions. C'est d'ailleurs le seul tronçon qui présente un risque dans le scénario 10 ans. Cela s'explique sur le terrain par :

- la présence de têtes de falaises fracturées en amont;
- l'absence de barrière ou d'obstacle permettant l'arrêt des pierres et des blocs;
- la configuration géométrique de la bretelle de sortie (partiellement en tranchée étroite - figure 3).

Le risque individuel de décès, pour un pendulaire par exemple, est de l'ordre de  $10^{-10}$  à  $10^{-7}$  par an selon les tronçons de route empruntés (figure 4) et atteint au total  $5 \times 10^{-7}$  par an pour l'ensemble de la jonction. Cette valeur est bien inférieure au critère de contrôle de  $1 \times 10^{-5}$  par an, fixé par l'OFROU.

De plus, en comparant les résultats avec les critères pour la planification des mesures de haute priorité, le site de la jonction ne satisfait de loin pas les conditions requises. En effet, le risque calculé sur les tronçons représente moins de 10% de la valeur limite de 100 CHF par m et par an et le risque de la zone de processus représente moins de 80% de la valeur limite de 10'000 CHF par zone et par an pour la jonction.

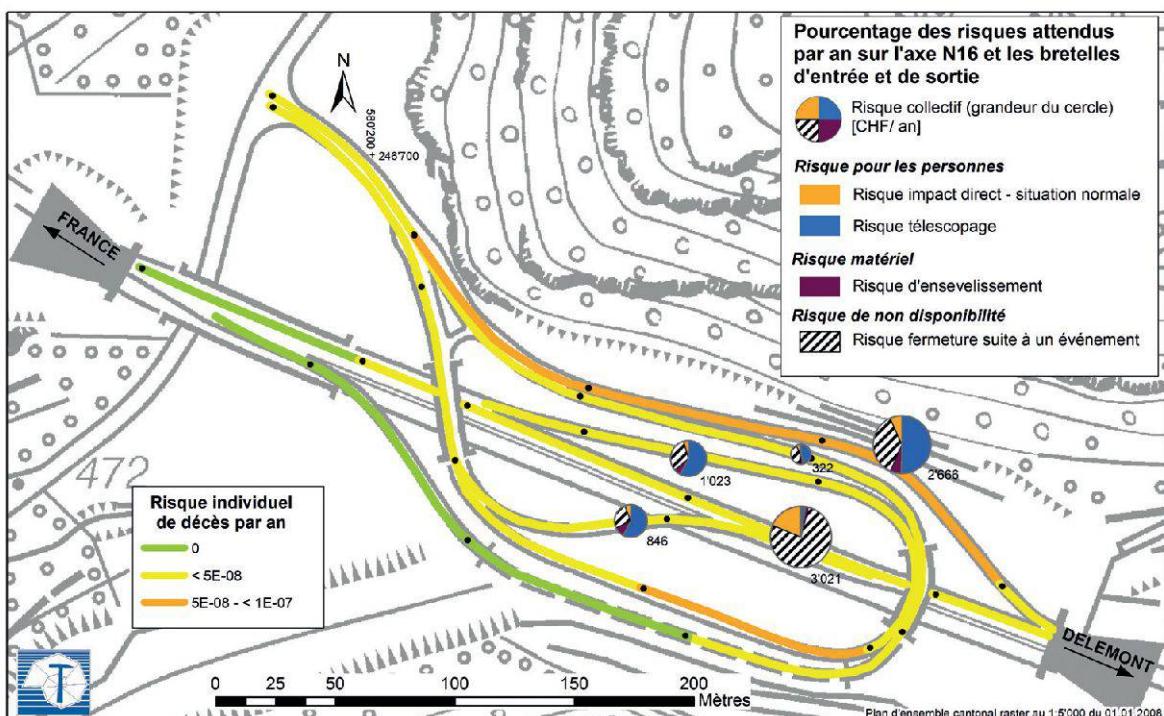


Figure 4.—Risque individuel de décès par tronçon et risque collectif sur l'axe N16 et les bretelles d'entrée et de sortie. Pour mémoire, le risque pour les personnes en situation bouchon et le risque de non disponibilité en cas de fermeture préventive sont considérés comme nuls.

Individual risk of death by section and collective risk on the N16 axis and the entrance and exit ramp. For the record, the risk for people in jam situation and the risk of unavailability if precautionary closure are considered null.

## CONCLUSIONS

Une première application du concept de risque à un tronçon d'autoroute de l'arc jurassien montre qu'une priorisation est possible sur la base d'une analyse de risque, sans élaboration préalable des mesures et appréciation de leur efficience et de leur efficacité. Cette étude a montré que, a priori, une évaluation de mesures ne sera pas effectuée pour la Jonction N16 de St-Ursanne les Gripions. Par contre, il est évident que le rôle protecteur des forêts présentes doit être maintenu voire amélioré. Par ailleurs, du point de vue de l'utilisateur, l'outil de calcul développé en parallèle par l'OFROU pourrait être amélioré afin de limiter et faciliter le traitement des données dans un tableur. Suite à cette étude et d'autres expériences similaires, l'OFROU a décidé de développer un outil de calcul simple, basé sur une plateforme Internet ([www.roadrisk.admin.ch](http://www.roadrisk.admin.ch)). Cet outil est opérationnel depuis mars 2011.

## RÉFÉRENCES

- MFR GÉOLOGIE-GÉOTECHNIQUE SA, 2010. N16 Jonction de St-Ursanne les Gripions. Calcul du risque selon le concept OFROU. OFROU (Ittigen), Delémont (Rapport inédit).
- OFROU, 2009. Concept de risque pour les dangers naturels sur les routes nationales. Méthodologie basée sur les risques pour l'évaluation, la prévention et la maîtrise des dangers naturels gravitationnels sur les routes nationales. OFROU, Edition 2009 V1.30.
- DORREN L.K.A., SANDRI A., RAETZO H. & ARNOLD P., 2009. Landslide risk mapping for the entire Swiss national road network. In: J.P. Malet, A. Remaitre, T. Bogaard (Eds.), Proceedings of the International Conference 'Landslide Processes', 6-7 February 2009, Strasbourg, France.

