

n° 004717-01

avril 2006

## **Eboulement de la falaise du 24 mars 2006 sur la RN1 (route du littoral) à la Réunion**



*Liberté • Égalité • Fraternité*

**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**



ministère  
des Transports  
de l'Équipement  
du Tourisme  
et de la Mer

# CONSEIL GÉNÉRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES

Rapport n° 004717-01

## **Eboulement de la falaise du 24 mars 2006 sur la RN1 (route du littoral) à la Réunion**

établi par

**Christian BINET,**  
ingénieur général des ponts et chaussées

**Marcel RAT,**  
ingénieur général honoraire des ponts et chaussées

**Jean-Pierre MAGNAN,**  
ingénieur général des ponts et chaussées

### **Destinataires**

Le Ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer  
Le Directeur général des routes

---

## note à l'attention de

**Monsieur Dominique PERBEN**

Ministre des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer

ministère  
des Transports  
de l'Équipement  
du Tourisme  
et de la Mer



Conseil général  
des Ponts  
et Chaussées  
le vice-président

La Défense, le 7 avril 2006

**objet : Eboulement de la falaise du 24 mars 2006 sur la RN1 (route du littoral) à la Réunion**

Par note en date du 24 mars 2006, vous avez sollicité le concours de trois experts afin d'analyser les causes et les circonstances de l'éboulement de la falaise qui s'est produit en bordure de la RN1 (route du littoral) à la Réunion, et de formuler un avis sur les conditions dans lesquelles la route pourrait être rouverte à la circulation.

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint le rapport de mission établi par MM. Christian BINET, ingénieur général des ponts et chaussées, coordonnateur du collège génie civil et ouvrages d'art au CGPC, Marcel RAT, ingénieur général honoraire des ponts et chaussées, ancien membre du CGPC, Jean-Pierre MAGNAN, ingénieur général des ponts et chaussées, directeur technique du domaine « géotechnique » au LCPC.

Ce rapport me paraît communicable aux termes de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 modifiée, sauf objection de votre part, dans un délai de deux mois.



**Claude MARTINAND**

Tour Pascal B  
92055 La Défense cedex  
téléphone :  
01 40 81 21 22

**Copie à :** Monsieur Patrice PARISÉ, directeur général des routes

**Diffusion du rapport n° 004717-01**

- le ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer	1 ex
- le directeur du Cabinet du ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer	2 ex
- le secrétaire général du ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer (dont 1 exemplaire transmis au responsable de la mission stratégie (DAEI))	2 ex
- le directeur général des routes	2 ex
- le vice-président du CGPC	1 ex
- la présidente et les présidents de section du CGPC	7 ex
- les secrétaires de section du CGPC	7 ex
- le coordonnateur de la MIGT 12	1 ex
- les auteurs du rapport	3 ex
- archives CGPC	1 ex



ministère  
des Transports  
de l'Équipement  
du Tourisme  
et de la Mer



Conseil général  
des Ponts  
et Chaussées

3ème section

Collège Génie civil et  
ouvrages d'art

Paris, le 6 avril 2006

à l'attention de

**Monsieur Dominique PERBEN**  
**Ministre des Transports, de l'Équipement, du**  
**Tourisme et de la Mer**

**Objet : Éboulement de la falaise du 24 mars 2006 sur la RN1 (route du littoral) à la Réunion**

**Rapport rédigé par :**

Christian BINET, Ingénieur général des ponts et chaussées, membre du CGPC  
Jean-Pierre MAGNAN, Ingénieur général des ponts et chaussées, directeur technique au LCPC  
Marcel RAT, Ingénieur général honoraire des ponts et chaussées

A la suite de l'éboulement de la falaise bordant la RN1 dans l'île de la Réunion (dite route du littoral) qui s'est produit le vendredi 24 mars vers 5h25, vous nous avez demandé de recueillir les éléments permettant d'analyser les causes et les circonstances de l'accident, et de formuler un avis sur les conditions dans lesquelles la route pourra être rouverte à la circulation.

### **Circonstances de l'éboulement**

L'éboulement s'est produit vers 5h25 au PR 11+900. Il s'agit d'un éboulement de la paroi de la falaise sur une longueur d'environ 60 m et sur une hauteur d'environ 60 m dans la partie inférieure de la falaise. Le haut de la falaise est en retrait et culmine à environ 120 m. Il n'a pas été concerné par l'éboulement.

Le volume mis en mouvement est d'environ 25.000 m<sup>3</sup>. Il a formé un cône d'éboulis comprenant de très gros blocs de roche allant jusqu'à un poids de 100 tonnes et s'étendant jusqu'à la limite du mur de soutènement qui soutient la chaussée côté mer, mur en terre armée de faible hauteur.

Dans l'accident, quatre véhicules ont été impliqués, deux véhicules légers et deux camionnettes ; deux morts sont à déplorer, ainsi qu'un blessé très grave. Le conducteur d'une camionnette a été indemne malgré le basculement de son véhicule par dessus la barrière de sécurité en béton bordant la chaussée et son arrêt en contrebas dans les tétrapodes qui protègent la route de la houle.

Tour Pascal B  
92055 La Défense  
cedex  
téléphone :  
01 40 81 68 83  
télécopie :  
01 40 81 21 70  
courriel :  
christian.binet  
@equipement.gouv.fr

L'éboulement s'est produit à la fin de la nuit avant le lever du soleil alors que la circulation était encore faible. Si un tel événement s'était produit à une heure de circulation normale, il aurait très vraisemblablement causé beaucoup plus de victimes (le trafic journalier moyen est de 50.000 véhicules par jour).

Aucun signe prémonitoire n'a été observé. Deux agents de la DDE venant prendre leur travail au centre d'exploitation de la Grande Chaloupe étaient passés une demi-heure plus tôt sur la chaussée côté montagne sans rien noter d'anormal. Ces mêmes agents, repartant vers la Possession pour effectuer leur patrouillage étaient à une centaine de mètres des lieux lorsque l'éboulement s'est produit. Ils ont assisté à l'éboulement à la lueur de leurs phares.

D'après eux, l'éboulement s'est produit en trois temps. Une masse importante de terrain s'est tout d'abord éboulée sur la route jusque sur la chaussée côté mer et a atteint les véhicules circulant sur celle-ci. Quelques minutes plus tard, alors que les agents de la DDE s'apprêtaient à porter secours aux conducteurs, un second éboulement fait de gros blocs s'est produit et a écrasé les véhicules contenant les deux victimes décédées. Quelques minutes plus tard, le troisième éboulement s'est produit sous forme d'éléments provenant probablement de la partie la plus haute de la falaise avec présence d'éléments plus fins.

La zone où s'est produit l'éboulement n'avait pas été caractérisée comme une zone particulièrement dangereuse vis-à-vis d'un tel risque. De plus, en raison du très faible nombre de chutes de blocs observées à cet endroit (voir le rapport du CGPC produit sur ce sujet en mars 2004<sup>1</sup>), le projet de sécurisation par pose de filets en cours de démarrage ne contient aucun dispositif de protection dans cette zone. La décision ministérielle du 30 avril 2004 faisant suite au rapport précédemment cité avait simplement demandé de compléter le dispositif prévu par la DDE au niveau de la pointe de la Ravine à Malheur (PR 11+600 à 11+700), donc en dehors de la zone où s'est produit l'éboulement (PR 11+900). Il convient de souligner d'emblée qu'un tel dispositif, même s'il avait été installé, n'aurait pu contenir l'éboulement.

### **Caractère imprévisible de l'évènement**

Comme indiqué précédemment, aucune manifestation d'un signe de faiblesse de la falaise n'avait été observé jusqu'à présent que ce soit sur le long terme ou juste avant l'évènement ; et les études engagées par le LCPC à la demande de la DDE sur les phénomènes de grands glissements n'avaient pas identifié cette zone comme devant faire l'objet d'une attention particulière.

### **Conditions de stabilité actuelles de la falaise dans la zone éboulée**

Dès le samedi 25 mars, des travaux de purge manuels ont été entrepris sur le haut de la falaise par du personnel encordé. L'observation de la falaise faite le dimanche 26 mars après la fin des travaux de purge a permis d'autoriser les travaux de déblaiement, qui ont pu démarrer dès le dimanche après-midi sous certaines conditions, notamment sous une surveillance permanente, avec interruption pendant la nuit.

---

<sup>1</sup> Rapport n° 2003-0166-01 sur les dispositions transitoires pour la sécurisation de la route du littoral (RN1) sur l'île de la Réunion, établi par Christian BINET et Marcel RAT.

Bien qu'il ait été jugé que l'état de la falaise permettait de réaliser les travaux de déblaiement sous surveillance, et bien qu'il ait été jugé aussi que la circulation des véhicules d'urgence pouvait être autorisée sous contrôle permanent de la falaise, il a été estimé que l'état de la falaise ne pouvait être considéré comme suffisamment sûr pour accepter des passages sans observation préalable et sans surveillance permanente. La falaise présente en effet en partie supérieure de l'arrachement des masses dont la stabilité n'est pas garantie, avec des parties en surplomb et des fractures résiduelles.

Les membres de la mission estiment que les éléments instables doivent être éliminés avant toute remise en service de la route. Cette élimination ne peut se faire que par l'usage d'explosifs, dont la mise en oeuvre prendra un certain temps.

### **Etat de dégradation de la route**

Il est encore trop tôt pour faire un diagnostic complet, mais l'examen du mur de soutènement en terre armée ne montre aucun signe de désordre important pouvant mettre en cause sa stabilité. La poutre de couronnement du mur est à reconstruire dans la partie touchée ; il en est de même de la bordure GBA qu'elle supporte. Des travaux de même nature seront aussi à réaliser sur la chaussée côté montagne.

La chaussée, elle-même, ne semble pas avoir subi d'affaissements, mais un examen sera à faire ultérieurement. Une réfection du revêtement sera néanmoins nécessaire pour réparer les effets du déblaiement. Les bordures de sécurité en béton et les gabions de protection seront à refaire.

### **Dispositions temporaires d'exploitation**

Ces opérations sont conditionnées d'une part à la sécurisation de la zone contre de nouveaux éboulements, d'autre part à la remise en état de la route.

1/ La première étape jugée possible est celle de l'ouverture de la chaussée côté mer à des convois de camions organisés à heures planifiées sous le contrôle permanent de la falaise par du personnel qualifié afin de stopper tout passage en cas d'alerte. Une interdiction entre camions est nécessaire. Aucun véhicule léger, ni de transport en commun ne devrait être autorisé, à l'exception des véhicules d'urgence. Seuls les camions ne pouvant emprunter l'itinéraire de substitution par la RD 41 (plus de 7,5 tonnes) seraient acceptés. Cette mesure peut être mise en oeuvre dès que les conditions d'exécution des travaux de déblaiement le permettent, sans attendre la purge des parties suspectes de la falaise.

2/ La deuxième étape est celle de la circulation des poids lourds sur une seule voie de la chaussée côté mer, donc sous forme d'alternat, sans autre contrainte particulière. Cet alternat est nécessaire pour la réalisation des travaux à faire en rive de chaussée.

Cette étape suppose une sécurisation sous forme d'un mur de protection à réaliser sur la chaussée côté montagne, d'une hauteur suffisante pour garantir les véhicules de la chute de blocs isolés. Elle est aussi conditionnée à la remise en état de fonctionnement de l'espace de récupération des chutes de blocs et d'éboulements situé au pied de la falaise. La réalisation du mur de protection peut être faite sous forme de gros cubes de béton de 2,25m préfabriqués et aujourd'hui disponibles, surmontés d'une rehausse constituée d'éléments de cages grillagées remplies de matériaux granulaires permettant d'amortir des effets de chocs.

3/ Dès que les travaux de réfection de la rive extérieure de la chaussée sont faits, la chaussée côté mer peut être réouverte aux poids lourds simultanément dans les deux sens.

### **Conditions de réouverture de la route en mode basculé**

L'étape suivante peut être celle d'une remise en exploitation de la route en mode basculé sur la chaussée côté mer (utilisation en mode 2+1 alterné selon l'heure de la journée). Ce mode d'exploitation correspond à celui qui est couramment pratiqué lorsque la pluviométrie dépasse un certain seuil selon une procédure bien établie dont l'objectif est de limiter les risques dus à l'augmentation du nombre de chutes de blocs sur la chaussée.

Une telle exploitation permet d'assurer une certaine mise en circulation tout en permettant de terminer les travaux de remise en état et de sécurisation complète de la chaussée côté montagne. Cette étape suppose que la falaise soit entièrement traitée et purgée des parties douteuses et que l'on vérifie que l'ensemble du dispositif « garanti » après une analyse des aléas résiduels de chute de blocs que les véhicules sont à l'abri dans la zone concernée.

Il est clair que ces conditions ne donnent aucune garantie que, sur le reste de l'itinéraire, un événement du même genre ne se reproduise à plus ou moins court terme. L'éloignement de la circulation de la falaise en mode basculé apporte une sécurité supplémentaire par rapport à la situation normale mais uniquement sur des phénomènes de faible importance pouvant être contenus par le volume de récupération disponible entre la falaise et la route. L'évènement du 24 mars ne rentre absolument pas dans cette catégorie et, rappelons-le, peut se reproduire dans d'autres secteurs.

Mais, même si l'on peut considérer que l'exploitation de la route en mode basculé apporte un supplément de sécurité, il faut noter que ce mode d'exploitation présente des inconvénients propres au système : perturbations plus nombreuses de la circulation et interventions plus difficiles des équipes d'exploitation en cas d'incident, augmentation de l'accidentologie dans un rapport évalué à 2,5 dans une précédente étude (cf rapport du CGPC cité précédemment), plus grande exposition au risque en cas de chutes de blocs ou d'éboulements en grande masse en raison de la densité plus grande des véhicules, notamment en cas de congestion.

Indépendamment des conditions de sécurité, il faut aussi rappeler que l'exploitation en mode basculé provoque des congestions et des perturbations dont les conséquences économiques avaient été évaluées en mars 2004 à environ 10M € par an sur une base de 60 jours de mise en oeuvre en moyenne par an.

### **Conditions minimum requises pour une remise en exploitation normale (2x2)**

Une remise en service de la route en mode 2x2 pose la question du risque pour les usagers. Ce risque est de même niveau que celui existant avant l'éboulement. Le paragraphe suivant traite des moyens susceptibles de le limiter.

Mais quelle que soit l'appréciation faite sur l'acceptabilité du risque, les conditions suivantes nous paraissent devoir être prises en compte :



- Réfection complète de la route dans son état antérieur.
- Reconstitution d'un mur de protection en gabions le long de la chaussée côté falaise à l'endroit de la partie éboulée (hauteur 4 mètres), et remise en état de la fosse de récupération située au pied de la falaise.
- Pose de filets de protection dans la partie éboulée, une fois faites les purges de la falaise, afin de sécuriser complètement la zone.
- Réalisation d'une nouvelle inspection générale de la falaise sur l'ensemble de l'itinéraire.

### **Mesures pouvant contribuer à améliorer la sécurité**

Les deux paragraphes suivants traitent d'une part de l'aléa, en tant que phénomène générateur des risques, et d'autre part de la réduction des risques pris au sens des effets des phénomènes sur la sécurité des usagers.

#### 1/ Mesures conduisant à mieux appréhender les aléas

L'aléa d'éboulement de grande ampleur a été souligné dans de nombreux rapports (rapport Sutter, en 1998), et seule une infrastructure nouvelle permettra de s'en affranchir. Il faut noter aussi que cet aléa existe sur toute la longueur de la falaise.

Depuis 1961, six éboulements de plus de 1000 m<sup>3</sup> ont été observés (les éboulements de volume plus faible doivent être en grande partie contenus dans les pièges à cailloux, les filets ayant une action bénéfique en limitant leur dynamique) :

- 200 000 m<sup>3</sup> au PR 3 en mars 1961 (lié aux travaux)
- 40 000 m<sup>3</sup> au PR 2 en 1980
- 4000 m<sup>3</sup> au PR 5+100 en 1980
- 5000 m<sup>3</sup> au PR 3+800 en 1987 (coulée de boue)
- 2000 m<sup>3</sup> au PR 2+800 en 1993
- 25 000 m<sup>3</sup> au PR 11+900 en 2006

Ces éboulements se sont produits après des épisodes cycloniques ou des périodes très pluvieuses. Dans le cas présent, il faut noter la succession de deux épisodes pluvieux importants, l'un mi-février avec 247 mm de pluie en 3 jours, l'autre début mars avec 360 mm de pluie en 6 jours. Mais comme le démontre le deuxième événement de 1980 qui s'est produit plusieurs mois après l'épisode pluvieux, il n'existe pas de relation temporelle suffisante entre les phénomènes pour définir des critères efficaces d'exploitation.

La période de retour d'un tel événement peut paraître grande (de l'ordre de 20 ans), mais ceci ne veut pas dire qu'un nouvel éboulement ne se reproduira pas dans un délai court.

Pour mieux apprécier le risque, nous proposons :

1. la réalisation d'une inspection générale et exhaustive de la falaise sur l'ensemble de l'itinéraire afin d'évaluer l'évolution de son état par rapport aux dernières inspections (la falaise vieillit-elle? car si c'était le cas, ceci augmenterait la probabilité d'un éboulement) ;
2. des observations complètes plus détaillées à faire lors de la pose des filets, car les conditions d'accès à la falaise et l'importance de la végétation limitent actuellement leur qualité ;

3. l'observation des chutes de blocs dans les pièges à cailloux afin de compléter ce qui est déjà fait très régulièrement sur les chaussées : des chutes de blocs peuvent précéder des ruptures en grande masse et alerter ainsi le gestionnaire de la route. Cette observation pourrait être automatisée (par caméra, à partir d'un véhicule circulant sur la chaussée, par exemple) ;
4. le renouvellement annuel de l'inspection ou après des périodes cycloniques ou très pluvieuses.

Toutes ces observations seront consignées dans un dossier récapitulatif de l'ensemble des informations disponibles, notamment le résultat des observations faites périodiquement, permettant ainsi au gestionnaire de l'infrastructure de retrouver très rapidement l'historique de la falaise en tout point.

Le recueil de ces données devrait permettre l'établissement d'un zonage de la falaise, avec identification des zones à risques, d'apprécier le volume des éboulements potentiels, et si nécessaire de décider une instrumentation de certaines zones pour en suivre les déplacements.

Par ailleurs, si le gestionnaire futur de la route en est d'accord, il serait intéressant de choisir un ou plusieurs sites pour tester à titre expérimental différentes méthodes de mesure permettant de suivre les déplacements de la falaise. Il ne s'agirait pas de mettre en place un système d'alerte destiné à fermer la route de manière préventive, car on ne sait pas le faire aujourd'hui, mais d'améliorer nos connaissances sur le comportement de la falaise et sur ses mécanismes d'effondrement, et de savoir si des phénomènes précurseurs peuvent être observés.

Mais il faut souligner que :

- les enseignements tirés de l'observation des mouvements de la falaise ne seront pas exploitables à titre de prévention avant au moins deux ou trois ans,
- il sera très difficile de définir des critères annonciateurs d'un risque imminent,
- si aucun événement ne se produit lors d'une telle alerte, la décision de rouvrir la route à la circulation posera un problème complexe

## 2/ Mesures de réduction des risques

Il convient de noter au préalable que les travaux déjà entrepris sur la falaise sous forme de pose de filets et de gabions ont augmenté notablement la sécurité vis-à-vis des chutes de blocs et des petits éboulements (notamment sur les 3 premiers kilomètres). L'analyse statistique faite en mars 2004 à l'occasion de l'expertise du projet d'extension de filets et de gabions l'a mis en évidence. Ce même rapport a conclu à l'espérance d'une réduction du nombre de chutes atteignant la chaussée côté falaise dans un rapport de 1 à 10 une fois les travaux terminés, et a validé l'intérêt du projet même pour une durée de vie limitée à 10 ans (montant des travaux : 83 M€).

Mais ce projet de sécurisation n'est que partiel et n'apporte aucune sécurité contre des éboulements de grande ampleur comme celui qui s'est passé. A long terme la seule solution technique pour annuler le risque est de construire une infrastructure nouvelle. Ce fut la conclusion émise en 1998 par la commission présidée par M.SUTTER.

Même si le projet de pose des filets apportera indéniablement une sécurité supplémentaire, il n'a été conçu que pour se protéger des chutes de blocs individuels, et en aucune manière des éboulements en grande masse. Il a été constaté lors de l'éboulement survenu le 10 avril 2003 au PR 2 que les filets avaient évité l'écoulement

sur la route d'un volume de 700 m<sup>3</sup>. Mais le phénomène est probablement à la limite de l'efficacité de tels dispositifs.

A court terme, les seules parades efficaces consistent à éloigner les usagers de la falaise. Le fait que l'éboulement ait atteint la limite de la chaussée en bordure de mer, ne donne aucune solution fiable ; tout au plus peut-on dire que tout éloignement de la falaise est bénéfique si, en plus, il est accompagné de l'agrandissement des fosses de récupération en pied de falaise.

A cet égard le maintien en mode d'exploitation basculé (2+1) apporte une plus value, mais cet avantage est largement contrebalancé par le caractère accidentogène de ce mode d'exploitation, par l'augmentation de la densité d'usagers soumis au risque en cas d'éboulements du fait des congestions de la circulation, et par la faiblesse des libertés de manoeuvre qu'elle permet en cas de catastrophe. Mais il faut aussi noter que les travaux de sécurisation qui seront réalisés dans les 18 prochains mois devraient permettre, à leur terme et après une période d'observation, de diminuer la fréquence du mode basculé, et donc de réduire ces inconvénients.

Ainsi pour répondre au risque supplémentaire induit par les congestions de trafic, et après une analyse de leurs causes, nous proposons que soient étudiés les aménagements ou les mesures d'exploitation qui permettraient de diminuer la fréquence des bouchons sur l'itinéraire et de réguler la vitesse et l'inter-distance des véhicules, y compris en mode normal d'exploitation.

Enfin, une surveillance permanente par caméras et analyse automatisée des incidents pourrait s'avérer une mesure complémentaire utile, mais dont l'effet porterait plus sur la réactivité des équipes d'intervention en cas d'incident, afin de réduire les effets de sur-accidents, que sur la prévention du risque lui-même.

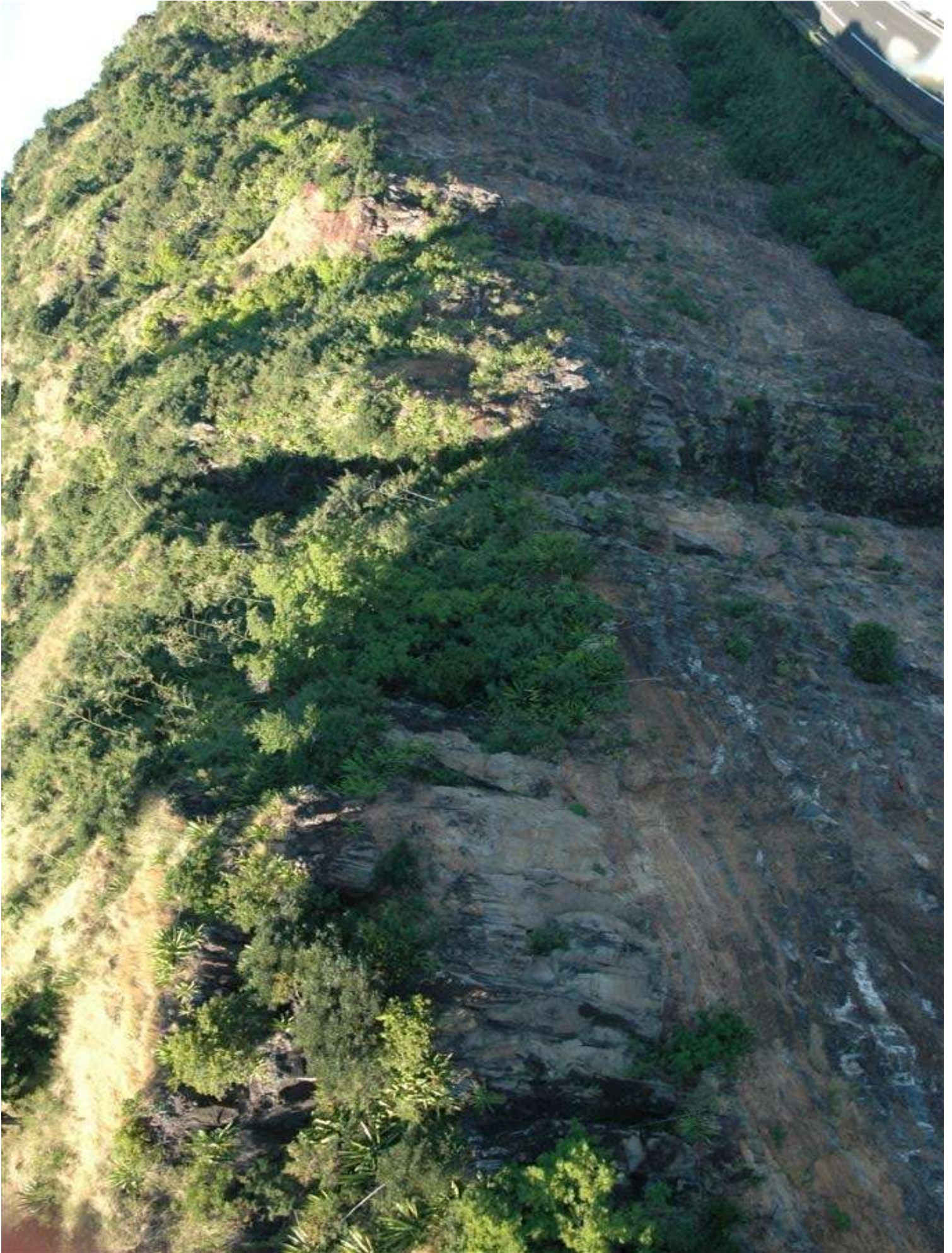
Christian BINET

Jean-Pierre MAGNAN

Marcel RAT









Réalisée par DDV/SR/OLIGE - avril 2006



*Le Ministre des Transports, de l'Équipement,  
du Tourisme et de la Mer*

Paris, le 24 MARS 2006

référence :  
vos réf. :

à

Monsieur le Préfet de la Réunion

Objet: Eboulement sur la RN1

A la suite de l'éboulement de la falaise le long de la RN1 qui vient de se produire, j'ai décidé de diligenter une enquête administrative.

Dans ce cadre, Monsieur Marcel RAT, ancien responsable du département "géologie" du Laboratoire central des Ponts et Chaussées, Jean-Pierre MAGNAN, directeur technique "géotechnique" au sein du même laboratoire, et Christian BINET, chef de la mission d'inspection spécialisée "Ouvrages d'art" du Conseil général des Ponts et Chaussées se rendent dès aujourd'hui sur l'île de la Réunion, afin d'analyser les causes et circonstances de l'éboulement.

Leur mission est également de recueillir tous les éléments qui permettront de compléter les analyses techniques antérieures et de formuler un avis sur les conditions dans lesquelles la route pourra être rouverte à la circulation.

Je vous demande de bien vouloir faciliter la réalisation de cette mission.

Dominique PERBEN

Secrétariat général  
Bureau  
Rapports  
et Documentation  
TOUR PASCAL B  
92055 LA DÉFENSE CÉDEX  
Tél. : 01 40 81 68 12/ 45