

n° 2003-0166-01

mars 2004

## Dispositions transitoires pour la sécurisation de la « route du littoral » (RN 1) sur l'île de La Réunion

# Dispositions transitoires pour la sécurisation de la "route du littoral" (RN1) sur l'île de la Réunion

Christian BINET et Marcel RAT,  
Ingénieurs généraux des ponts et chaussées

mars 2004



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



conseil général  
des Ponts  
et Chaussées  
le vice-président

---

## note à l'attention de

Monsieur le Directeur de Cabinet

---

La Défense, le 30 mars 2004

Affaire n°2003-0166-01

Vous avez souhaité que le Conseil général des ponts et chaussées procède à une expertise concernant les **dispositions transitoires pour la sécurisation de la RN1 « route du littoral » sur l'île de la Réunion.**

Je vous prie de bien vouloir trouver ci-joint le rapport de mission établi par **MM. Christian BINET et Marcel RAT**, ingénieurs généraux des ponts et chaussées.

Ce rapport conclut à l'opportunité du projet établi par la DDE, confirme son intérêt pour la sécurité des usagers et sa rentabilité socio-économique, malgré son coût de 83 M€ et la durée de vie limitée de l'aménagement. Cette rentabilité n'est cependant acquise que dans l'hypothèse où la mise en œuvre du projet est accompagnée d'un allègement important des mesures d'exploitation actuelles en cas de pluie (suppression du caractère systématique de la procédure de fermeture de la chaussée côté falaise).

Par ailleurs, l'analyse des données recensées sur les chutes de rochers pendant les 5 dernières années, conduit les auteurs à proposer dès maintenant une adaptation des règles d'exploitation pouvant conduire à une réduction significative du nombre de jours de fermeture sans pour autant mettre les usagers dans une situation comportant plus de risques qu'en période courante.

Enfin, le rapport rappelle que le projet de sécurisation n'est que partiel et qu'il y aurait intérêt à l'étendre dans la mesure des moyens disponibles ; il ne peut non plus prémunir les usagers des risques d'éboulements en grande masse. Il recommande donc de lancer une expertise technique sur les moyens de surveillance pouvant prévenir de ce type d'évènements.

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

**Diffusion du rapport n° 2003-0166-01**

- le directeur des routes	1 ex
- le directeur départemental de l'Équipement de la Réunion	1 ex
- le président de la 3 <sup>ème</sup> section	1 ex
- le coordonnateur du collège « routes »	1 ex
- le coordonnateur de la MISOA	1 ex
- le coordonnateur de la MIGT 12	1 ex
- M. BINET	1 ex
- M. RAT	1 ex
- archives	1 ex

---

## Historique des versions du document

---

Version	Auteurs	Commentaires
29/03/04	C.BINET, M.RAT	

## Affaire suivie par

---

Christian BINET – MIGT 12  
Tél. 01 40 81 68 83, fax 01 40 81 21 70  
Mél. christian.binet@equipement.gouv.fr  
Marcel RAT - 3<sup>ème</sup> section  
Tél. 01 40 43 50 92, fax 01 40 43 65 16  
Mél. marcel.rat@lcpc.fr

## Référence

---

Affaire n° 2003-0166-01

[http://intra.cgpc.i2/cgpc/rapports\\_publications/accueil\\_arp.asp](http://intra.cgpc.i2/cgpc/rapports_publications/accueil_arp.asp)

---

## Sommaire

---

1. PREAMBULE.....	4
2. SITUATION ACTUELLE.....	5
3. PRESENTATION SOMMAIRE DU PROJET.....	7
4. JUSTIFICATION GLOBALE DU PROJET .....	8
5. EFFICACITE DU DISPOSITIF ET CONSEQUENCES SUR L'EXPLOITATION FUTURE.....	12
6. PROPOSITIONS D'ADAPTATION DES CONDITIONS D'EXPLOITATION AVANT TRAVAUX	15
7. CONCLUSIONS .....	18

### ANNEXES :

CARTE D'IMPLANTATION DES OUVRAGES

VUE AERIENNE DU SITE

GRAPHIQUES 1 A 6 : LOCALISATION DES CHUTES

LETTRE DE MISSION

## 1. Préambule

Le présent rapport répond à une demande exprimée par le Directeur de Cabinet du Ministre de l'Équipement dans une note en date du 10 juin 2003 adressée au Vice-Président du Conseil Général des Ponts et Chaussées. Cette demande fait suite à une sollicitation du Directeur des Routes qui lui avait été adressée le 12 mai 2003 (courriers joints en annexe).

La RN1 de l'île de la Réunion, pour sa partie située entre Saint-Denis et La Possession, communément appelée «route du littoral» d'une longueur de 13 km, est construite au pied d'une falaise d'où tombent régulièrement des blocs rocheux qui affectent la sécurité des usagers.

L'importance du trafic (plus de 50 000 véhicules par jour en moyenne annuelle), et du nombre de chutes moyen dans l'année (environ 120), a conduit l'Etat à mettre en place dès 1976 une procédure dite de basculement qui reporte le trafic de la chaussée coté falaise sur la chaussée coté mer en cas de pluviométrie importante. La mise en œuvre de cette procédure conduit à environ 60 jours de basculement en moyenne par an et crée des perturbations importantes de l'exploitation, malgré l'utilisation de la chaussée coté mer en mode 2+1 alterné et ceci depuis 1999.

Cependant, cette procédure n'a qu'une efficacité limitée et ne protège pas les usagers des chutes qui se produisent sur la chaussée coté mer, ni de celles qui se produisent en permanence en l'absence de pluie, ni enfin des éboulements importants.

A la suite des recommandations émises en 1998 par une commission mandatée par le Directeur des Routes, dite commission SUTTER, la DDE a entrepris l'étude d'un projet de construction d'une nouvelle infrastructure sécurisée construite partiellement sur une digue ou en tunnel et couplée avec le projet du Conseil Régional d'un transport en commun en site propre (TSCP).

Les conditions de réalisation de cette nouvelle infrastructure ont fait l'objet d'un rapport du CGPC (affaire n° 2001-0133-01) qui conclut à sa faisabilité mais à une échéance lointaine, compte tenu de son coût (environ 1,2 milliards d'euros).

Dans l'attente de la réalisation de cette infrastructure qui ne peut être engagée dès maintenant en raison de l'insuffisance des crédits inscrits à cet effet au contrat de plan, il est proposé de réaffecter une partie des crédits correspondants (83 M€ sur 90 M€), à la réalisation d'un projet de sécurisation partiel consistant en la pose de filets sur les zones les plus soumises aux risques et de gabions sur l'ensemble de la section.

Le présent rapport a pour objet de donner un avis sur la faisabilité et l'opportunité de ce projet, d'évaluer plus particulièrement les gains de sécurité qu'il apporte, enfin de fournir des éléments d'appréciation permettant de définir de nouvelles mesures d'exploitation moins contraignantes.

Après un rappel des conditions actuelles d'exploitation et des risques encourus, et une description sommaire du projet de la DDE, le rapport donne un avis sur l'opportunité globale du projet, analyse les dispositions techniques prévues et leur bonne adéquation avec les objectifs poursuivis, évalue le risque résiduel après réalisation du projet, et donne des éléments d'information permettant de définir de nouvelles conditions d'exploitation.

L'analyse de l'impact du projet sur l'environnement ne fait pas partie de la mission même si c'est un élément important à prendre en compte dans sa conception.

## **2. Situation actuelle**

Les conditions d'exploitation de la route du littoral sont décrites dans la notice explicative du projet de la DDE en date du 1<sup>er</sup> mars 2004. Elles ont par ailleurs fait l'objet de rapports antérieurs dont les principaux sont les suivants :

- Mission d'expertise sur la route du littoral à la Réunion conduite par M. Louis MOISSONNIER, rapport en date du 6/09/1996 (affaire n°96-045 du CGPC).
- Rapport de la Commission internationale d'experts présidée par M. SUTTER en date du 18/11/1998
- Rapport du CGPC en date du 5/03/2002 sur les projets de développement du système de transports terrestres de l'île de la Réunion établi par MM. Christian BINET et André LAUER (affaire n°2001-0133-01)

Il convient de rappeler les principaux éléments de la situation actuelle :

### **Caractéristiques de l'infrastructure :**

- Route à 2x2 voies dont le linéaire situé en bordure de falaise va du PK 1+600 au PK 12+900
- Trafic d'environ 50 000 véhicules par jour avec une croissance annuelle de l'ordre de 3%
- Très grande importance de l'itinéraire au regard du fonctionnement de l'activité de l'île que ce soit pour les liaisons avec le Port ou la desserte du sud de l'île. Ainsi la route sert à l'approvisionnement quotidien de l'aéroport en carburant.
- Aucun itinéraire de substitution (les deux seuls itinéraires alternatifs, RD 41 dite route de la Montagne, ou traversée sur le versant Est par la RN3, présentent des capacités et des temps de parcours inadaptés.

### **Risques :**

Les chutes de matériaux issus de la falaise représentent en moyenne 10 000 t par an, mais une très grande proportion (99%) est piégée par les fosses et les gabions de protection situés entre la chaussée et la falaise.

Les masses arrivant sur les chaussées ont été en moyenne annuelle de 147 t sur la chaussée côté falaise et 31 t sur la chaussée côté mer sur la période 1992-2002.

Le nombre de chutes comptabilisées sur les chaussées a été de 452 sur la période 1992-1996 et 656 sur la période 1997-2002, soit des moyennes annuelles de 90 et 109. L'augmentation constatée provient probablement d'une modification de la procédure d'enregistrement des données qui a conduit à rendre quasi exhaustive (on constate notamment une augmentation de la proportion des blocs de moins de 10 kg). C'est pour cette raison que dans la suite du rapport, il ne sera tenu compte que des données les plus récentes.



On constate aussi que la répartition des chutes entre les deux chaussées est à peu près dans un rapport de 4 à 1 entre la chaussée côté falaise et la chaussée côté mer, ce qui justifie les mesures d'exploitation prises en cas de pluie puisqu'il est avéré que les fortes pluies génèrent une augmentation de la fréquence des chutes.

### **Procédure d'exploitation**

La procédure utilisée pour réduire le risque en cas de pluie est aujourd'hui la suivante :

Dès que la hauteur de pluie relevée à l'un des trois pluviomètres situés aux PK 3,2, 5,5 et 13 dépasse 15mm en 24 heures, il est procédé à la fermeture de la chaussée côté falaise et la circulation est reportée sur la chaussée côté mer. La durée de fermeture est en principe de trois jours consécutifs (72h) à partir de la fin de la dernière pluie qui a donné lieu au dépassement du seuil de 15mm. Cette réouverture n'est possible que s'il n'a pas été constaté de nouveau pendant ces trois jours une pluviométrie supérieure à 15mm en 24h, auquel cas les 72h sont reportés d'autant à la nuance près que les petites pluies isolées d'intensité inférieure à 1mm en 2 heures ne donnent pas lieu à un tel report.

Cette procédure a été instituée par une note interne à la DDE en date du 21 mars 1983 qui précise de plus qu'avant la réouverture, il convient de vérifier que pendant la période qui précède il n'y pas eu de chutes répétées, ce qui doit conduire dans ce cas à différer encore de trois jours la réouverture.

Ces consignes sont reprises et complétées par un arrêté préfectoral du 22 août 1995 qui étend les cas de fermeture (sans en préciser la durée) aux nombreux incidents possibles de type glissement de terrain, chutes de pierres, accidents de circulation, fortes houles, incendies en falaise, .....La route est aussi totalement fermée dans les cas exceptionnels tels que les cyclones.

Au cours des années 1998 à 2002, il a été dénombré 67 cas d'application, ce qui correspond à une moyenne annuelle de 13 ; le nombre de jours de fermeture de la chaussée côté falaise a été en moyenne de 58. De ce point de vue l'année 2003 a été particulièrement mauvaise, puisque le nombre de jours de fermeture a été de 76.

L'efficacité de cette procédure peut être mesurée par le nombre de chutes qui se sont produits pendant les périodes de fermeture (côté falaise), soit 334<sup>1</sup> sur un total de 588 en 5 ans, ou encore 67 sur 117 en moyenne annuelle. Ces chiffres montrent que grâce à un temps de fermeture de  $60/365 = 16\%$ , on a pu se protéger de 57% des chutes. Encore faut-il compenser ces calculs par le fait que les usagers transférés sur la chaussée côté mer ont été soumis au risque des chutes constatées sur cette chaussée pendant les mêmes périodes soit  $78/5 = 16$  en moyenne annuelle (environ le  $\frac{1}{4}$ ), ce qui ramène le taux d'efficacité à 43%. Présenté d'une autre manière, sans procédure de basculement, l'aléa aurait été de 0,32 chutes par jour ; la procédure de basculement le réduit à 0,18.

---

<sup>1</sup> La valeur de 334 est inférieure à celle de 361 qui résulte des calculs du CETE d'Aix, car elle exclut les 27 chutes qui se sont produits pendant les 4h nécessaires à la mise en œuvre de la fermeture (voir chapitre 6).

## **Perturbations induites par la procédure de basculement**

Il convient à ce stade d'énoncer les conséquences induites par la mise en œuvre de cette procédure :

### *Augmentation du temps de parcours*

La réduction à une voie d'un des deux sens de circulation, même s'il est alterné chaque jour en fonction des effets pendulaires des trajets domicile-travail, conduit à des phénomènes de bouchon qui se traduisent finalement par un allongement du temps de parcours sur les 13 km. Ces bouchons se produisent à l'origine de la section, le matin en sortie de Saint-Denis, et le soir à la Possession en direction de Saint-Denis. Les retenues se font le matin de 7h à 12h dans le sens sortie et le soir dans le sens rentrée entre 16h et 20h. L'analyse faite par la DDE conduit à mettre en évidence des longueurs de bouchons pouvant atteindre 5 km avec des temps d'attente pouvant atteindre 39 minutes dans le sens sortie et 55 minutes dans le sens rentrée.

Aux perturbations ainsi provoquées par la congestion, il convient d'ajouter celles induites par des accidents ou des pannes se produisant sur la voie unique. De tels incidents se sont produits 64 fois pendant les 71 jours de basculement observés au cours de l'année 2003. Même si la réactivité de la DDE est excellente, puisque la durée de traitement d'un incident ne dépasse pas 15 minutes, ces incidents créent des perturbations dont la durée est d'environ 1 heure avec des bouchons pouvant atteindre 4 km de longueur à l'heure de pointe.

### *Augmentation du nombre d'accidents de la route*

Une analyse des données a été faite par la DDE sur la période 1984-2002. La comparaison des taux d'accident selon que la route est exploitée en mode normal ou en mode basculé, fait apparaître une nette différenciation entre les deux modes. Ainsi, les indicateurs dénombrant les accidents, les tués ou les blessés, sont dans un rapport de 2 à 1 entre ceux qui se produisent en mode d'exploitation normal et ceux qui se produisent en mode basculé, alors que les temps d'exploitation de ces deux modes sont dans un rapport de 5 à 1, ce qui correspond à un coefficient multiplicateur de 2,5 du risque.

## **3. Présentation sommaire du projet**

Le projet présenté par la DDE comprend deux mesures :

1. la pose de filets métalliques destinés à retenir les chutes de blocs, ou à les empêcher d'atteindre la chaussée par effet de guidage vers le pied de la falaise
2. l'équipement, le renforcement et surtout l'exhaussement des murs en gabions qui séparent la route du pied de la falaise et qui forment obstacle aux rebonds pouvant atteindre la chaussée

Ce projet complète sur une grande partie du linéaire de la route, le dispositif déjà en place entre Saint-Denis et le kilomètre 3,5, et celui qui assure la protection des usagers au passage de la pointe du Gouffre (PK 5+900 à 6+100).

L'équipement des deux zones précédentes a été achevé récemment et a été financé par prélèvement sur l'enveloppe du FIRT mise à disposition du Conseil Régional.

L'équipement de la première zone a permis à la DDE de réouvrir à la circulation une bretelle reliant la RN1 au boulevard sud de St-Denis et de protéger les usagers dans un secteur où se concentrent les embouteillages d'entrée dans la ville et ceux induits par le rétrécissement en sortie dans les périodes de basculement qui limitent à une voie le sens sortant.

L'utilisation prévue de l'enveloppe inscrite au contrat de plan se décompose ainsi :

- Etudes et maîtrise d'œuvre	1 000 k€
- Fourniture et pose de filets	64 500 k€
- Renforcement des gabions	4 490 k€
- Dispositif de retenue (GBA) sur l'ensemble de l'itinéraire	1 340 k€
- Complément de tétrapodes	880 k€
- Provision pour révisions de prix (6%)	4 273 k€
- Réserve pour adaptation du projet en cours de travaux et pour les mesures environnementales	5 987 k€
- Etudes et recherche sur les éboulements en grande masse	1 000 k€
- Total	83 470 k€

Le reliquat qui est d'environ 7 M€ a été réservé aux études de la nouvelle liaison St-Denis-Ouest qui doit à terme se substituer à l'infrastructure existante avec un objectif de sécurisation complète. Cette nouvelle liaison doit faire l'objet d'un débat public au cours de l'année 2004.

De manière un peu plus détaillée, le projet de la DDE consiste à mettre des protections par filets dans les zones suivantes :

#### Zone 1

- PR 3+500 à 5+200, soit une longueur de 1700 m
- PR 5+500 à 5+600, 100 m

#### Zone 2

- PR 7+800 à 8+200 400 m
- PR 9+000 à 10+100 1100 m

#### Zone 3

- PR 10+500 à 11+300 800 m
- PR 12+300 à 12+900 600 m

Comme on le verra dans la suite du rapport, ce dispositif qui a été ciblé sur les zones les plus productives de chutes doit permettre de contenir 90% des cas observés de chutes sur chacune des chaussées au cours des 5 dernières années, moyennant le traitement d'un linéaire de falaises de 4700 mètres entre les PR 3+500 et 12+900.

## 4. Justification globale du projet

L'appréciation à porter sur l'opportunité du projet doit tenir compte du caractère provisoire de l'aménagement, dans l'attente de la réalisation de la nouvelle infrastructure complètement

sécurisée dite «Liaison Saint-Denis-Ouest » dont la concrétisation ne peut raisonnablement pas être espérée avant 2015.

Deux critères principaux sont à apprécier : en premier celui du gain de sécurité apporté aux usagers, en second celui de l'avantage socio-économique pour la collectivité apporté par la diminution des temps de parcours et des frais d'exploitation. Ce deuxième terme n'a bien entendu de sens que si le projet apporte un gain de sécurité suffisant pour alléger, voire supprimer les restrictions d'exploitation actuelles en cas de pluie.

## **Gain de sécurité**

### ***Risques de chutes***

La mesure du risque actuel peut-être fourni par le nombre de chutes constatées dans la période 1998-2002, choisie comme référence en raison de la qualité du recensement des blocs. Bien entendu, ce critère ne doit pas être interprété comme un absolu dans la mesure où il ne reflète pas les risques d'éboulements importants qui se produisent de temps en temps. Il convient à cet égard de se reporter aux documents produits par le BRGM qui les répertorient et évaluent les risques de grande instabilité.

Ainsi, le projet élaboré par le CETE d'Aix en Provence a été établi avec l'objectif de se protéger contre un éboulement de référence caractérisé par le décrochement en tout point de la falaise, d'une masse de rocher de 50 tonnes fractionnable en éléments indépendants constitués d'un bloc de 5 tonnes et d'éléments complémentaires dont la granulométrie suit une distribution type (voir dossier n°18359.02 du CETE en date de décembre 2003). Ceci ne veut pas dire qu'il ne pourra pas retenir des volumes plus importants, mais qu'il n'a pas été conçu pour cela. L'exemple le plus illustratif est celui de l'éboulement qui s'est produit le 14/04/2003 au PK 2, qui a représenté un volume de 700 m<sup>3</sup> et qui a été contenu le long de la falaise malgré une détérioration du filet nécessitant son remplacement.

Les graphiques n°1 et 2 donnent la répartition spatiale des chutes enregistrées par pas de 100m au cours des années 1998-2002 en distinguant les chutes qui se produisent sur la chaussée côté falaise de celles qui se produisent sur la chaussée côté mer.

Le tableau suivant donne les totaux sur l'ensemble de l'itinéraire indépendamment de leur localisation.

	Nombre de chutes de 1998 à 2002
Côté falaise	588
Côté mer	160
Total	758

Il convient de noter que les chutes côté mer sont généralement concomitantes à des chutes côté falaise.

Dans la limite ainsi énoncée, on peut supposer que le projet permettra de retenir au moins 95% des chutes dans les zones équipées. Il est difficile en effet de supposer une efficacité de 100%, car de petits blocs peuvent passer entre les mailles des filets, et ce d'autant plus facilement que la DDE n'a pas prévu dans l'immédiat de compléter les filets à grosses mailles par la pose systématique d'un grillage à mailles fines posé en troisième couche. Nous ferons

néanmoins l'hypothèse, par simplicité, que la mesure de cette efficacité peut être donnée par le nombre de chutes constatées dans les zones protégées et supposées épargnées en totalité.

Compte tenu des travaux déjà faits entre l'origine de la route et le PR 3+500 et autour de la pointe du gouffre (PR 5+900 à 6+100), les secteurs non protégés par des filets sont les suivants :

- PR 5+200 à 5+500
- PR 5+600 à 7+800
- PR 8+200 à 9+000
- PR 10+100 à 10+500
- PR 11+300 à 12+300

Les graphiques n°6 et 7 donnent la répartition spatiale des chutes résiduelles non contenues par les filets. Leur dénombrement est donné dans le tableau suivant :

	Nombre théorique de chutes résiduelles après pose des filets calculé sur les années 1998 à 2002
Côté falaise	47
Côté mer	16
Total	69

### ***Risques d'accidents dus aux chutes***

Il convient de noter en premier que le nombre d'accidents mortels provoqués par des chutes est très réduit. La chute d'un bloc ne provoque d'accident corporel grave qu'en cas de chute directe sur un véhicule. Les accidents, en leur grande majorité, se produisent par la percussio n d'un véhicule sur un bloc tombé sur la chaussée et ne sont donc pas d'une gravité aussi importante.

L'analyse faite en 1996 par M.Louis MOISSONIER montre que sur la période 1976-1995, les chutes de pierre n'ont été en moyenne responsables que d'environ 10% des accidents. Quant au dernier accident mortel à déplorer du à une chute de bloc, celui-ci remonte à 1997 (1 mort au PR 4+100 par suite d'un éboulement de 10m3). Par comparaison, il a fallu déplorer 15 morts par accident de la circulation au cours des années 1999 à 2003.

S'agissant des accidents moins graves dus à des chutes de rochers, le recensement fait par la DDE sur les trois dernières années (2001-2003) en dénombre 27 ayant causé 7 blessés. Sur ces 27 accidents, 8 d'entre eux se sont produits côté mer dont 3 en mode normal.

Il est raisonnable de penser que la presque totalité de ces accidents n'aurait pas eu lieu avec le système de protection envisagé (les accidents relevés en 2002 et 2003 sont en effet localisés dans des zones qui seront protégées par des filets).

Par ailleurs, il a été déjà indiqué que le mode d'exploitation de type basculé était par lui-même accidentogène puisque la fréquence des accidents y était 2,5 fois plus forte qu'en mode normal à 2x2 voies (pour des temps équivalents). On peut ainsi estimer que dans l'hypothèse

où l'on supprimerait la procédure de basculement on pourrait probablement diviser par 2,5 le nombre d'accidents, de tués et de blessés constatés sur la chaussée côté mer exploitée en mode basculé, soit de manière approximative et en moyenne, éviter 2 accidents, 0,1 tués et 3 blessés par an.

### **Avantages socio-économiques**

Indépendamment de la diminution des risques, les avantages ne peuvent provenir que d'une modification du système d'exploitation par suppression partielle ou totale des basculements en cas de forte pluie.

#### ***Gains pour l'utilisateur :***

Les avantages principaux attendus sont, pour les usagers, une réduction importante des temps de parcours, et pour la DDE une réduction de ses coûts d'exploitation (maintenance et mise en oeuvre du système de basculement). Il ne faut guère espérer dans l'immédiat de réduction significative du dispositif d'astreinte et de patrouillage (en 3x8), car le système de protection ne garantissant pas l'absence totale de chutes sur les chaussées, une surveillance permanente devra être maintenue.

L'analyse des perturbations dues aux basculements a été faite par la DDE sur l'année 2002. Sur la base d'un coût horaire de 15€ pour les VL et de 40€ pour les PL, la monétarisation des pertes de temps dus aux basculements, conduit aux valeurs suivantes :

Congestions courantes :	5,7 M€
Congestions dues aux pannes dans la voie unique	1,1 M€
Allongement du temps de parcours dans la voie unique (10mn)	3,1 M€

S'agissant des gains en matière de sécurité, ceux-ci peuvent être monétarisés par le coût social des accidents corporels que l'on peut raisonnablement espérer éviter par le système de protection et par la suppression de la procédure de basculement.

Sur la base d'un coût social de 1M€ par personne décédée et de 150k€ par accidenté grave et 22k€ par accidenté léger, l'évaluation suivante peut en être faite :

- Pose de filets : 2 blessés par an, soit 170 k€
- Suppression du mode basculé : 0,1 mort et 3 blessés par an, soit 350 k€

#### ***Gains d'exploitation :***

En matière de coûts d'exploitation, les gains espérés par la DDE sont évalués à 70% du coût d'exploitation des engins nécessaires aux basculements et à 80% des frais de personnel, soit une économie possible d'environ 300 k€ par an.

A contrario, les équipements de protection nouveaux engendreront des coûts de maintenance. A partir de son expérience sur les 3,5 premiers kilomètres installés, la DDE les évalue à 2% par an de leur coût d'investissement, ce qui pourrait conduire à un budget annuel supplémentaire de 1,5 M€.

### **Bilan économique**

En conclusion, les gains à attendre de la mise en œuvre du projet peuvent être chiffrés à :

Mise en oeuvre de la protection :

Gains : 170 k€/an

Coûts : Investissement initial de 83 M€ + 1,5 M€ de maintenance annuelle

Suppression de la procédure de basculement :

Gains : (9,9 + 0,3) M€/an

Ainsi, la mise en regard du coût de l'investissement initial de 83 M€ avec les gains attendus, n'est strictement rentable sur le plan économique que si la procédure de basculement est supprimée.

Indépendamment de toute considération sur la sécurité des personnes, qui doit cependant être considéré comme le premier objectif à poursuivre, l'investissement paraît donc justifié au regard du délai probable d'attente pour la réalisation de la nouvelle liaison Saint-Denis-Ouest qui ne peut être espérée avant 2015 au mieux.

Cette conclusion est conforme aux résultats de l'étude de rentabilité faite par le CETE Méditerranée (affaire n°20600), puisque celle-ci conclut à un taux de rentabilité interne de 21% pour une durée de vie de 8 ans.

## **5. Efficacité du dispositif et conséquences sur l'exploitation future**

### **Dispositions techniques retenues**

Rappelons en préambule que l'objectif du projet n'est pas une sécurisation complète de la route, mais de se protéger vis à vis de l'effet d'une rupture d'une masse de rocher d'environ 50 tonnes. Sont exclus les événements exceptionnels constitués par des éboulements en grande masse. La période de retour de tels événements dépasse 5 ans si l'on se réfère au recensement qui en a été fait par le BRGM dans une étude intitulée « Evaluation de la possibilité de phénomènes d'instabilité de grande ampleur » produite en janvier 1999 (n°2791). Les derniers événements ont eu lieu le 31/05/1993 au PK 2+800 avec un volume de 2000 m<sup>3</sup> et le 23/03/1998 au PK 5+100 avec un éboulement de 300 tonnes. Souvent de tels événements sont reliés à un phénomène météorologique majeur, comme ceux des cyclones Hyacinthe en 1980 et Clotilda en 1987. Depuis, l'éboulement qui s'est produit en avril 2003 au PK 2 (700 m<sup>3</sup>) a été contenu par les filets.

Les solutions proposées, filets pendus, plaqués et déflecteurs, ont fait la preuve de leur efficacité, même si l'on ne peut garantir un taux de protection de 100%. Néanmoins, il convient de noter qu'un projet ne peut être parfait dès sa mise en œuvre, et qu'il sera nécessaire d'y apporter des ajustements après un certain temps d'observation.

Le projet actuel ne prévoit pas de manière systématique la mise en place de grillages de couverture pour les filets pendus et déflecteurs, même si c'est prévu dans les secteurs où la falaise est proche de la route. Ce parti peut conduire à terme à des chutes de petits blocs si le grillage mis en premier à des fins de sécurité du chantier ne joue pas ce rôle en cas de dégradation par les chutes des blocs contenus par le filet principal. Ainsi, même si cet

investissement peut être différé, il est possible qu'il soit nécessaire de le réaliser au bout de quelques temps d'observation.

Le projet intègre aussi la réalisation sur toute la longueur d'un mur en gabions dont la hauteur est de 4m sauf en certains endroits où une hauteur de 3m a été jugée suffisante. Cette option permet de réduire notablement la hauteur de la limite inférieure des filets, les blocs tombant de la partie inférieure de la falaise étant alors arrêtés par les gabions.

Le choix des zones à couvrir par des filets a été fait selon deux critères :

- La répartition des chutes observées (graphique 1)
- La morphologie de la falaise

La synthèse de ces deux approches a permis l'établissement du projet proposé par la DDE.

Le parti de traiter en priorité les zones répertoriées comme étant les plus productives de chutes, nous paraît le mieux adapté à une optimisation des crédits disponibles au contrat de plan. Toute autre scénario consistant à traiter un ensemble d'un seul tenant incluant des zones dangereuses et d'autres qui le sont moins, n'aurait pas été pertinent. D'une part, il n'aurait pas été dans le sens de l'efficacité maximum vis à vis du risque des usagers, d'autre part, il n'aurait pas permis de réduire notablement les restrictions d'exploitation (basculements) par le fait que certaines zones restées dangereuses auraient nécessité le maintien d'une procédure de basculement même partielle sur une partie de l'itinéraire, et que cette contrainte aurait fait disparaître une très grande partie de l'intérêt socio-économique qui repose pour l'essentiel sur la réduction des temps de parcours.

La recherche d'un projet de sécurisation moins coûteux par réduction des longueurs des zones protégées n'aurait pas non plus abouti dans la mesure où l'efficacité du dispositif suppose une certaine continuité des protections et où la sécurisation des passages au droit des pointes de la falaise conduit aussi à traiter leurs flancs dans les ravines adjacentes.

### **Evaluation de l'efficacité**

Nous ferons pour simplifier cette évaluation à partir du nombre de chutes constatées sur la période 1998-2002 qui auraient été épargnées par le dispositif.

Le tableau qui suit fournit le nombre de chutes observées pendant la période référence pour chaque section non protégée par des filets :

	5200- 5500	5600- 5900	6200- 6900	6900- 7800	8300- 9000	10100- 10500	11300- 12300	Total
Côté falaise	3	2	9	6	4	3	20	47
Côté mer	1	1	2	3	2	1	6	16

Ces nombres sont à considérer avec prudence, mais sont probablement des valeurs par excès : le découpage par tranche de 100 m introduit un arbitraire, car les trajectoires n'étant pas obligatoirement perpendiculaires à l'axe de la route, un filet posé par exemple jusqu'au PK 5+200 protège la route au delà de ce PK ; ainsi : dans cet exemple, il est probable que deux chutes n'auraient pas pu se produire.

Les remarques suivantes peuvent être faites :



- Le secteur 6200 - 6900 correspond à une pente d'environ 40%. L'étude des trajectoires montre que les chutes se font sans rebond et sont arrêtées par les gabions.
- Le secteur 8300-9000 correspond à la Grande Chaloupe : il est très probable que les chutes observées proviennent du secteur 8200 qui sera protégé.
- Dans les autres secteurs, le versant est constitué par une falaise dans sa partie haute, puis par une pente, enfin par une falaise plus ou moins haute à sa base. Dans ce type de profil, seuls les blocs issus de la falaise haute peuvent tomber sur la chaussée, le mur en gabion arrêtant les autres.

En conséquence le nombre de chutes résiduelles après travaux peut être estimé à  $47-9-4 = 34$  chutes côté falaise et à  $16-2-2 = 12$  chutes côté mer sur une période de cinq ans, c'est à dire à un niveau qui est largement inférieur, côté falaise, à ce qu'il est aujourd'hui côté mer, soit 160.

Ces chutes sont pour une grande partie (20 sur 34) concentrées dans la zone qui va du PK 11+300 au PK 12+300. C'est pourquoi, il pourrait être judicieux, en cas de disponibilités financières, de compléter le projet par un traitement complémentaire de la pointe de la ravine à malheur (PK 11+600) qui pèse pour 7 chutes sur les 20. Un tel complément de protection sur une longueur d'environ 100m pourrait être réalisé, selon les informations fournies par le CETE d'Aix, par la pose d'un filet pendu FPD1 et deux écrans de filets de 10 et 30m pour un coût estimé à 592 k€ HT. Le choix de traiter cet endroit semble d'autant plus pertinent que la visibilité routière y est fortement réduite par suite de la courbure du tracé, et que les risques d'accident y sont donc plus forts.

A cet égard l'étude des conditions de visibilité faite par la DDE met en évidence que malgré des prescriptions de limitation de vitesse imposées par le non respect des règles de l'ICTAAL, ces dernières ne sont pas complètement satisfaites dans un certain nombre de secteurs, notamment au voisinage de la pointe de la ravine à Malheur. Il serait donc utile d'étudier la faisabilité d'y implanter des systèmes automatiques de contrôle des vitesses (de type CSA) astreignant les usagers à respecter ces prescriptions.

Comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, l'efficacité ainsi mesurée par un dénombrement des chutes évitées a une dimension toute théorique, et il nous paraît essentiel d'assurer un suivi des effets du système de protection sur une période suffisante pour ajuster si nécessaire le dispositif par des dispositions complémentaires. A cet égard la fiche financière du dossier présenté par la DDE prévoit une réserve de 6 M€ qu'il convient de préserver. Il faut donc espérer qu'au delà de la partie prévue pour la révision des prix, le projet ne donnera pas lieu à réactualisation par suite d'une sous-estimation des prix unitaires.

### **Procédure d'exploitation après travaux**

Sur les 47 chutes observées côté falaise, 27 se sont produites lors d'un basculement, 11 d'entre elles ont été simultanées à des chutes côté mer. En cas de maintien de la procédure de basculement, son efficacité ne porte donc que sur 16 chutes sur les 47.

Si on apporte la correction liée aux deux sections mentionnées ci-dessus, les nombres précédents deviennent respectivement : 34 - 18 - 9 - 9. De plus, ces nombres seraient encore plus faibles si nous déduisions les chutes qui se sont produites lors de la fermeture totale de la route (cas par exemple du cyclone DINA en 2002 pendant lequel 2 chutes ont été comptabilisées), puisque cette fermeture était inéluctable. L'effet bénéficiaire du maintien

d'une procédure de basculement systématique selon la procédure actuelle ne porte donc que sur 7 chutes sur 34 en 5 ans, ce qui est faible. De plus la densité de chutes par mètre linéaire sur la chaussée côté montagne sera inférieure en tout point à la densité observée actuellement sur un linéaire important de la chaussée côté mer. Enfin l'aléa subi en l'absence de règle de basculement sera de 0,018 chutes par jour, soit le 1/10 de l'aléa actuel avec procédure ; le maintien de la procédure de basculement actuelle ne réduirait cet aléa qu'à 0,014.

Dans ces conditions, après la réalisation des travaux tels que prévus, le maintien d'une procédure de basculement, après une période d'observation minimum qui semble nécessaire, n'apporte qu'un supplément de protection mineur qui est à mettre au regard des inconvénients dus aux pertes de temps des usagers et de l'augmentation de la fréquence des accidents de la route (voir ci-avant).

Cependant, le système de protection n'étant ni complet ni parfait, il restera toujours des cas où une coupure de la route, soit de la chaussée côté falaise, soit des deux chaussées, s'avérera nécessaire pour garantir la sécurité des usagers. Parmi ces cas, il faut inclure les événements météorologiques majeurs de type cyclone ou tempête tropicale qui conduisent à des pluviométries importantes provoquant une accélération des chutes et à des cascades en provenance de la falaise qui créent des conditions de circulation très difficiles et dangereuses, ou bien à des houles fortes provoquant des déferlements et des embruns sur la chaussée côté mer.

La gestion de tels événements passe par une bonne prévision à faire en relation étroite avec le service de la météorologie nationale. Le maintien d'une procédure d'application automatique par un seuil de pluviométrie ne serait pertinent que pour des niveaux importants sans commune mesure avec le seuil actuel ou celui dont il sera parlé au chapitre suivant. De plus la faiblesse du nombre de chutes ne permet pas d'en justifier la pertinence par des méthodes statistiques. Cette question mérite donc un complément d'analyse que les auteurs du présent rapport n'ont pu mener. Elle reste donc ouverte.

## **6. Propositions d'adaptation des conditions d'exploitation avant travaux**

La recrudescence des chutes pendant les périodes pluvieuses a conduit à définir dès 1983 des règles de gestion de la route, avec fermeture de la chaussée côté falaise. Elles consistent à fermer la chaussée côté falaise quand la pluie sur 24 h dépasse 15mm en 24 h sur un des trois pluviomètres (en réalité le seuil est de 15,5 mm par application de la règle d'arrondi utilisée par la DDE), et ceci pendant trois jours consécutifs après la fin de la pluie. Cette règle, fixée d'une manière empirique a été justifiée en 1997 et 1998 par MM. Alfonsi et Durville.

Depuis 1998, le relevé des chutes de blocs est précis, ainsi qu'en atteste l'augmentation significative du nombre de blocs de faible dimension (moins de 10 kg) à partir de cette date. L'heure de la chute est aussi mieux connue, grâce aux tournées des agents d'exploitation.

Cette meilleure connaissance du phénomène nous a conduit à procéder à une nouvelle analyse portant sur la répartition dans le temps des chutes de blocs, pour vérifier la pertinence de la procédure ou pour la faire évoluer. Pour avoir des données homogènes, cette analyse a été conduite à partir des observations 1998-2002, une vérification étant faite en intégrant, dans un deuxième temps les relevés antérieurs.

Le relevé a consisté à identifier pour chaque événement pluvieux ayant donné lieu à basculement, le nombre et l'heure des chutes de blocs, ainsi qu'à recalculer de manière théorique les heures de début et de fin de basculement, car les données réelles n'étaient pas disponibles en dehors de l'année 2003. L'analyse a été complétée par le décompte des chutes se produisant, d'une part pendant le délai nécessaire à la mise en œuvre du basculement après l'alerte, d'autre part pendant la suite de la pluie. Les données fournies par la DDE montrent en effet que le délai moyen de mise en œuvre est de 3h30, ce qui est loin d'être négligeable. En réalité les données n'étant fournies que par tranches de 2h, la durée considérée a été de 4h. Sur cette période, il y a eu 67 basculements, soit 288 jours de fermeture de la chaussée falaise, le nombre chutes observées sur la chaussée côté falaise a été de 588, dont 254 hors basculement. (27 pendant la mise en place du basculement). La procédure réduit considérablement les risques, mais celui-ci reste important en période hors basculement : 1 chute tous les 6.7 jours en moyenne.

En fonction du temps, la répartition des chutes est la suivante :

	Mise en place du basculement	Du basculement au début des 72 h	0-24h	24h-48h	48h-72h
Chutes côté falaise	27	221	65	29	19
Chutes côté mer	9	58	13	3	2
total	36	279	78	32	21

Afin de ramener les valeurs à une moyenne pour chaque événement, et afin de pouvoir les comparer avec le nombre de chutes moyen qui se produit en 24h en dehors des événements pluvieux, ces valeurs ont été divisées par 67, ce qui donne une intensité du nombre de chutes par tranche de temps. Il en résulte le tableau suivant :

	Equivalent en 24h pendant la mise en place du basculement	0-24h	24h-48h	48h-72h	Jour moyen en période sèche
Chutes côté falaise	2,4	0,9	0,4	0,28	0,15
Chutes côté mer	0,8	0,2	0,04	0,03	0,03
Deux côtés	3,2	1,1	0,5	0,3	0,18

Ce tableau montre que :

- Le risque est très important pendant la période de mise en place du basculement,
- Les chutes se produisent surtout pendant la pluie et les premières 24 h (plus de 86%).

Il semble que la pluie a donc avant tout un effet de lessivage de la falaise qui accélère la chute de certains blocs par rapport à un processus de production permanent, même en dehors des événements pluvieux. L'étude du CETE Méditerranée (dossier référencé sous le n°19477.01) donne de plus amples détails sur la distribution dans le temps des chutes. L'analyse statistique faite démontre assez facilement que l'on a à faire, en dehors des événements pluvieux, à une production aléatoire qui suit une loi de Poisson, loi caractéristique des événements en petit nombre dont le modèle le plus parlant est celui de la radioactivité.

Dans ces conditions, il nous a semblé probable que l'intensité de la pluie devait jouer un rôle important. Cette idée a été testée en introduisant un deuxième seuil d'intensité pris égal à 30 mm.

Le tableau suivant différencie les valeurs obtenues par tranche de temps en les décomposant entre un seuil de pluie sur 24h compris entre 15 et 30mm et un seuil de pluie supérieur à 30mm (nombre de chutes côté falaise)

	Mise en place du basculement	Du basculement au début des 72 h	0-24h	24h-48h	48h-72h
15<i<30	11	80	31	7	6
i>30	16	144	34	22	13

Il confirme que pour les pluies d'intensité moyenne, il y a très peu de chutes au delà de 24 h, alors que pour les pluies importantes ce n'est pas le cas. Ceci nous a conduit à simuler le scénario de gestion suivant :

- pour une pluie comprise entre 15 et 30 mm en 24 h, fermeture de la route pendant 24 h,
- pour une pluie d'intensité supérieure à 30 mm, fermeture de la route 72 h, comme actuellement.

Le tableau suivant donne le résultat de la simulation :

	Nombre de basculements	Mise en place du basculement	Du basculement au début des 72 h	0-24	24-48	48-72
15<i<30	47	15	69	39	11	6
i>30	31	20	135	34	22	13

Présenté d'une autre manière en intensité de chutes par tranche de 24h, ce tableau devient le suivant :

	Nombre de basculements	Equivalent en 24h pendant la mise en place du basculement	0-24h	24h-48h	48h-72h	Jour moyen en période sèche
15<i<30	47	1,91	0,83	0,23	0,13	0,15
i>30	31	3,87	1,10	0,71	0,42	0,15

Ces tableaux montrent que le nombre de basculements augmente, car certains évènements sont dédoublés ; les pluies de faible intensité entraînent plus de basculements que les fortes, mais elles ne sont responsables que de 38% du nombre de chutes.

Cette gestion aurait augmenté le nombre de chutes sur la chaussée côté falaise de 17, mais aurait diminué le nombre de jours de basculement de l'ordre de 83 en 5 ans, soit 16 jours sur 58 en moyenne par an. Nous avons vu que, hors des pluies, on observait en moyenne 1 chute tous les 6.7 jours. Si ces 70 jours avaient été des jours non soumis à l'influence de la pluie, nous aurions donc eu  $83/6.7 = 12$  chutes, valeur à comparer aux 16 chutes constatées. Le maintien de la fermeture pendant 72h au lieu de 24h pour des pluies d'intensité moyenne n'améliore la sécurité que très faiblement :  $17-12 = 5$  chutes sur 334, soit une diminution de 1,5% du risque moyen sur l'année. Par comparaison, ce risque supplémentaire est nettement

plus faible que celui auquel sont soumis les usagers pendant la mise en place du basculement à savoir 27 chutes soit un ratio de 8% du risque annuel. (un gain d'une demi-heure sur la mise en place du basculement procurerait le même gain).

D'autres scénarios sont envisageables. Ainsi par exemple, les tests faits sur une durée de fermeture de 48h au lieu de 24h pour les épisodes pluvieux <30mm donnent les résultats suivants : nombre de chutes (4) pendant les premières 24h après la fin du basculement équivalent à celui d'un jour moyen  $38/6,7= 5$  ; par ailleurs le nombre de basculements resterait voisin de ce qu'il est actuellement.

Cette approche montre qu'une optimisation de la procédure est envisageable lorsque la pluviométrie est inférieure à une limite qui a été testée dans cet exemple à 30mm. La procédure suggérée consistant à réduire, dans ce cas, la durée de fermeture à 24h au delà de l'événement pluvieux, permet de diminuer fortement le nombre de jours en exploitation basculée, même si elle a pour inconvénient de multiplier le nombre de basculements, et d'accroître de 1,5% le risque moyen sur l'année.

Par ailleurs, cette analyse montre l'intérêt à réduire le délai de mise en œuvre du basculement, dont l'incidence sur la sécurité est plus importante que l'effet d'une adaptation de la durée de fermeture après la pluie. Cette incidence est d'autant plus grande que l'intensité de la pluie est importante. Il serait donc opportun d'étudier les mesures permettant, soit de réduire le temps d'intervention, soit d'anticiper sur le dépassement du seuil grâce à des prévisions météorologiques.

Enfin, nous avons étudié l'incidence du niveau de précipitation en 2 h qui sert de détermination du point de départ du décompte des 72 h. Aujourd'hui, il est de 1mm, c'est à dire que les précipitations en fin de pluie d'intensité inférieure à 1mm en 2h ne sont pas prises en compte pour prolonger la durée du basculement. L'étude du CETE Méditerranée montre qu'une valeur de 2mm conduirait à diminuer le nombre de jours de basculement de 12 sur les 5 ans 1998-2002, alors que le nombre de chutes constatées pendant ces 12 jours a été de 1, nombre largement inférieur à l'intensité moyenne pendant les jours de non basculement.

Le CETE Méditerranée a étudié un grand nombre de scénarios qui montrent qu'il est possible de diminuer notablement le nombre de jours de basculement sans augmenter notablement le risque. Cette étude donne tous les éléments nécessaires au décideur pour choisir le nouveau système de gestion qui lui paraît le plus approprié au regard du niveau de sécurité global (chutes et accidents de la route) et de la gêne provoquée à la fluidité du trafic.

## **7. Conclusions**

En conclusion, il ressort les points suivants :

### **Opportunité du projet de sécurisation provisoire**

Malgré son caractère partiel, le projet apportera un gain substantiel pour la sécurité des usagers vis à vis des risques de chutes de blocs provenant de la falaise, puisque l'on peut espérer réduire de 334 à 34 le nombre de chutes atteignant la chaussée côté falaise en 5 ans,

soit dans un rapport de 1 à 10. Ce nombre de chutes est largement inférieur à celui qui affecte aujourd'hui la chaussée côté mer (160).

Malgré son caractère provisoire et l'importance de son coût, la rentabilité du projet est justifiée dès que la réalisation de la nouvelle infrastructure complètement sécurisée est différée d'au moins une dizaine d'années, ce qui est hautement vraisemblable.

Cependant cette rentabilité n'est acquise que si la mise en œuvre du projet est accompagnée d'une levée des restrictions actuelles d'exploitation en cas de pluie importante (suppression de la procédure systématique de basculement). Les gains de sécurité ne comptent en effet que pour une très faible partie dans la rentabilité économique du projet.

### **Adéquation du projet aux objectifs**

Compte tenu de la contrainte budgétaire imposée, à savoir 83 M€, le projet est la meilleure réponse technique permettant d'optimiser les crédits au regard de l'objectif de sécurisation.

Aucune réduction du dispositif prévu ne semble pertinente, les gains économiques recherchés se faisant au détriment de la sécurité des usagers.

La mise en œuvre du projet nécessitera probablement des ajustements, à faire soit en phase travaux, soit après réalisation à partir de constatations à faire pendant une période suffisante pour évaluer l'efficacité réelle du dispositif. Une marge de manœuvre financière est donc nécessaire. Celle-ci semble assurée dans le cadre de l'évaluation financière présentée par la DDE. Parmi les zones intéressantes à traiter au delà du projet actuel, le cas de la pointe de la ravine à malheur (PK 11+600) semble prioritaire.

### **Conditions d'exploitation après travaux**

La suppression d'une procédure de basculement à caractère automatique semble possible. Il conviendrait néanmoins d'analyser les conditions dans lesquelles une fermeture pourrait s'avérer pertinente en cas d'événements météorologiques importants ou de phénomènes annonciateurs. A cet effet, il conviendrait de procéder à une analyse détaillée de tous les événements majeurs répertoriés et de fixer des critères sur lesquels asseoir une prise de décision. Si une procédure reposant sur un seuil pluviométrique était conservée, ce seuil pourrait être choisi à un niveau très supérieur à sa valeur actuelle.

### **Adaptation des règles d'exploitation actuelle avant les travaux**

L'amélioration de la connaissance du phénomène de production de la falaise qui a été rendue possible par la qualité du recueil des données fait à partir de l'année 1998, rend possible une modification des règles de basculement dans le sens d'une réduction des temps de fermeture après la fin de la pluie. En effet, les études statistiques montrent que les niveaux de risque constatés après les faibles précipitations décroissent rapidement vers le niveau de risque moyen hors pluie.

Nous avons proposé un scénario de gestion simple qui permet de diminuer notablement (de l'ordre de 30%) le temps de fermeture de la chaussée côté falaise moyennant une faible augmentation du risque. Le choix d'une nouvelle procédure moins contraignante que celle en

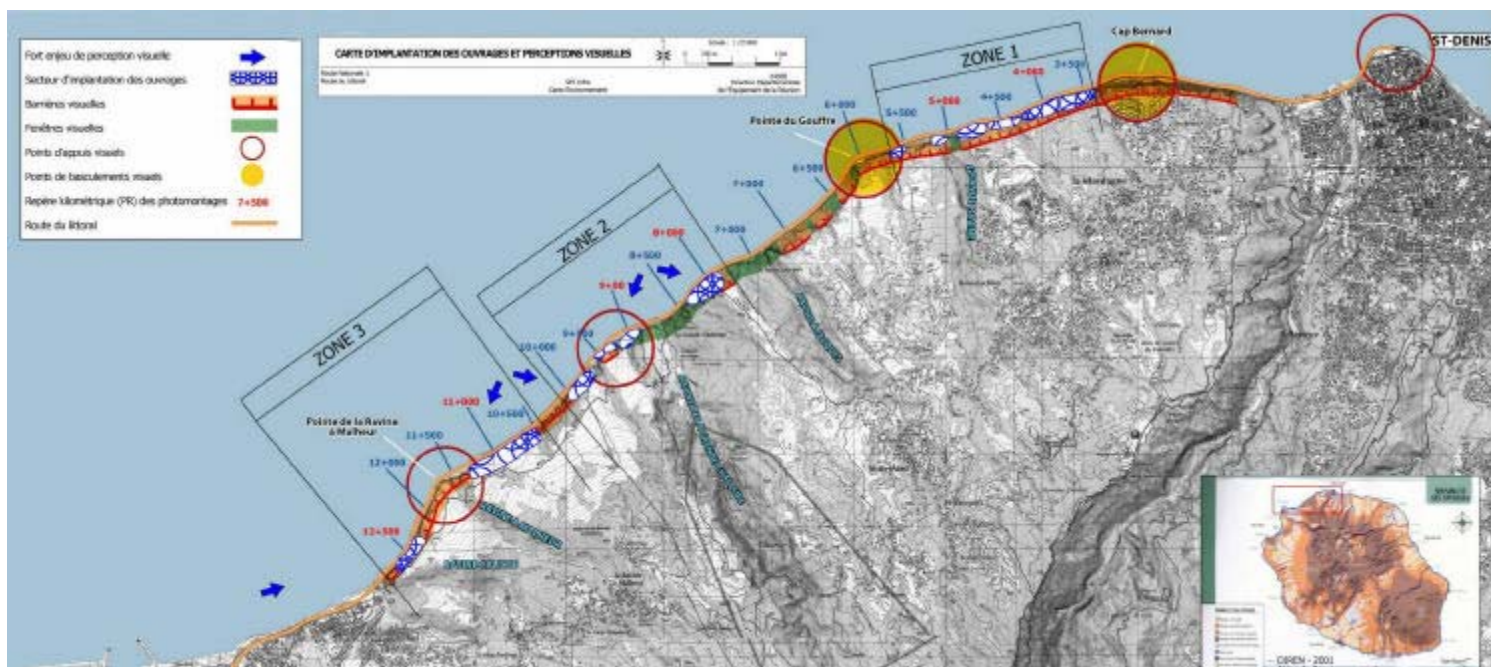
vigueur semble donc tout à fait envisageable. Nous conseillons d'adopter une règle assez simple de gestion. En contre partie, il semble possible de laisser au gestionnaire une certaine marge d'appréciation sur la prise en compte de petits évènements pluvieux de courte durée et de faible intensité qui pourraient produire des effets de dépassement de seuil sur 24h.

Enfin, un nombre important de chutes se produit pendant le délai nécessaire à rendre le basculement effectif. Ce délai est de 3h30 en moyenne. Il serait opportun de rechercher les moyens de le raccourcir par une mise en oeuvre préventive avant l'atteinte du seuil de 15mm ou par des moyens plus rapides d'intervention. Une réduction de ce délai aurait un impact très largement plus grand sur la sécurité des usagers que la modulation du temps de fermeture après la pluie.

### **Etudes prospectives**

Le projet, rappelons le, n'a pas été conçu pour protéger les usagers des éboulements en grande masse. Dans la mesure où la réalisation d'une nouvelle infrastructure complètement sécurisée n'est pas envisageable à court terme, il est souhaitable que des études soient engagées pour déterminer s'il est possible de définir des méthodes de surveillance pouvant prévenir ce type d'évènements, et de quelle manière. Le financement de ces études a été prévu dans l'enveloppe financière disponible ; leur engagement rapide est souhaitable.

\* \* \*  
\*

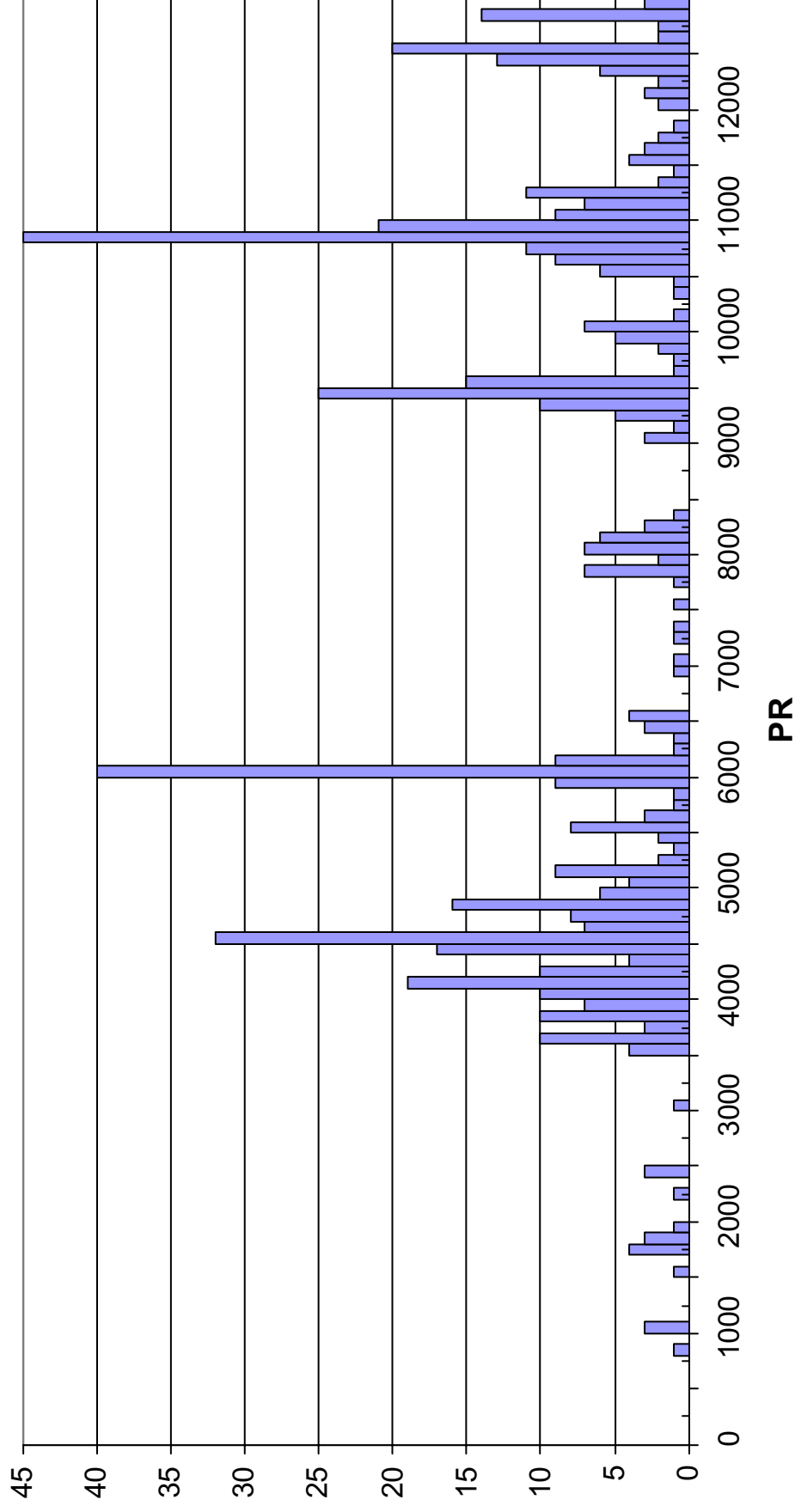




**VUE AÉRIENNE**

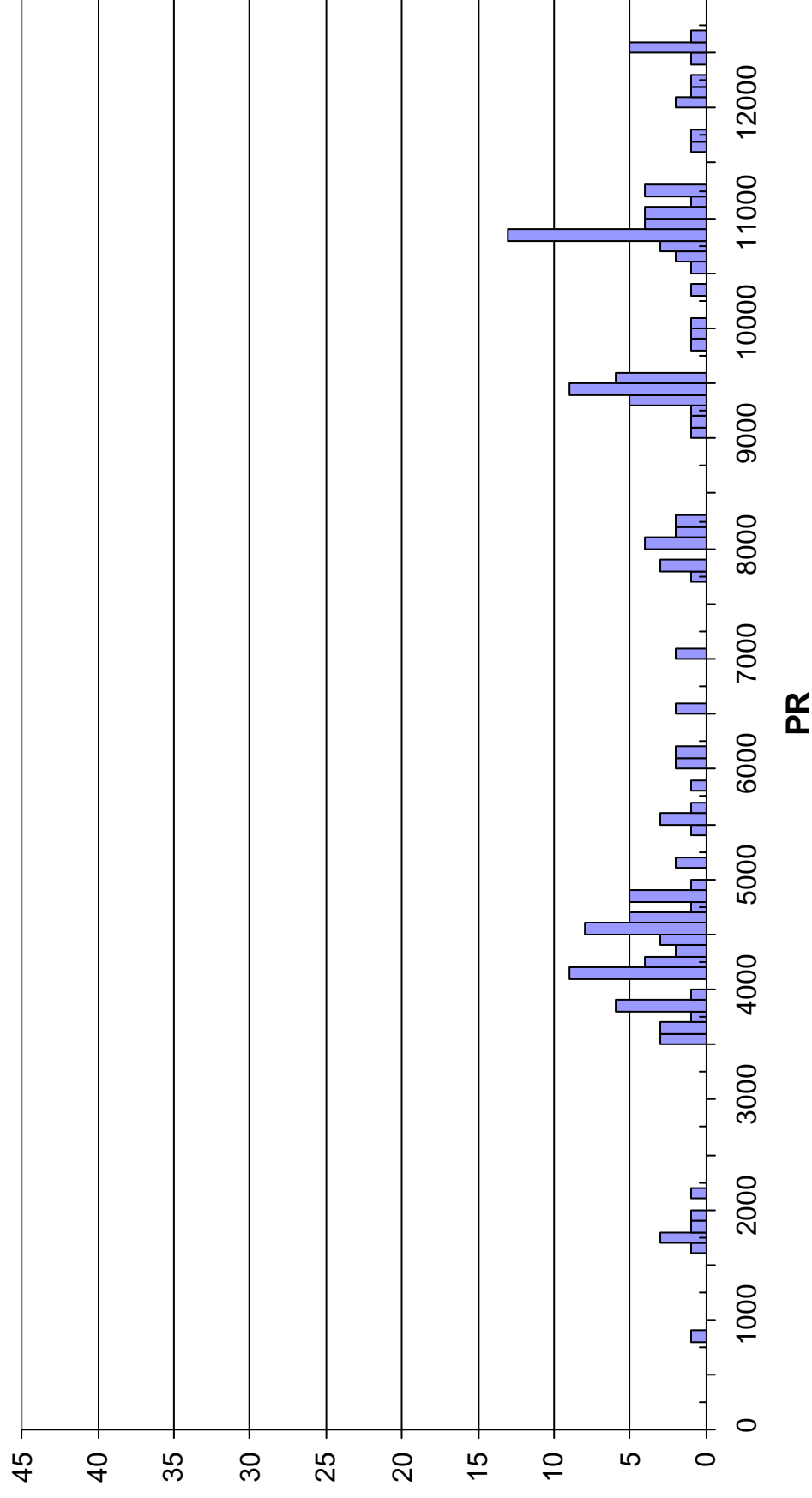


## Nombre de chutes coté falaise de 1998 à 2002



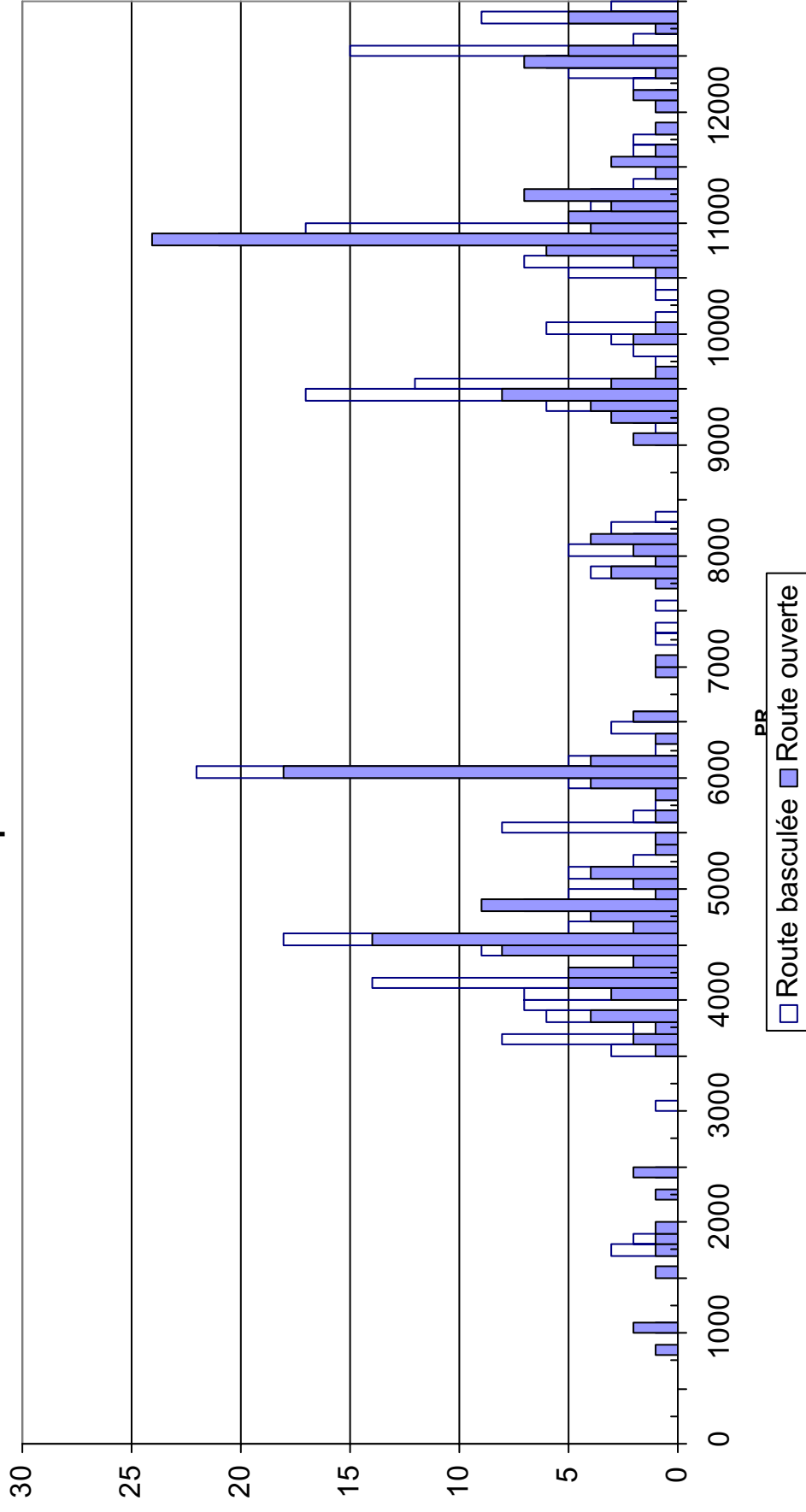
Graphique n°1

## Nombre de chutes coté mer de 1998 à 2002



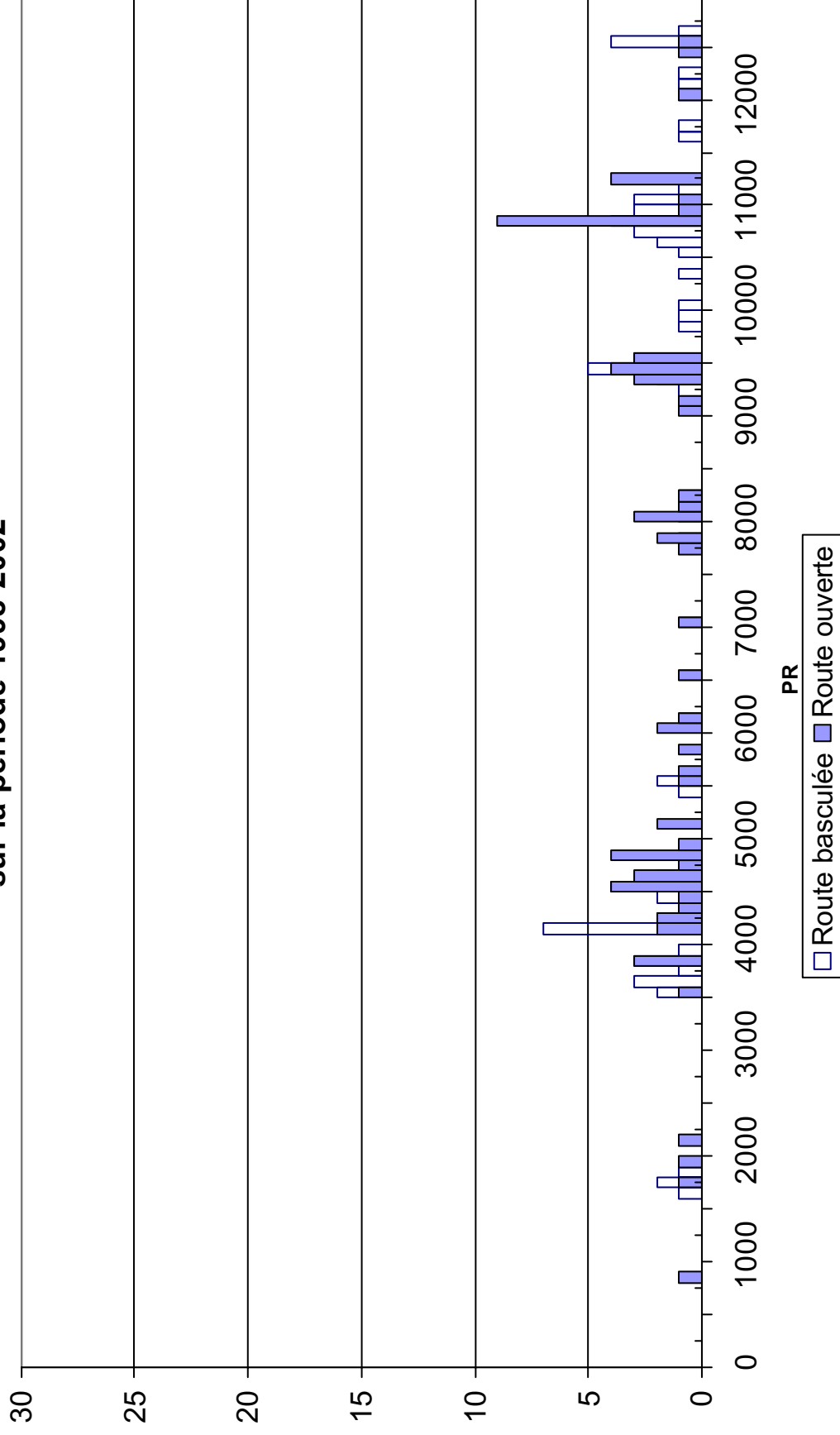
Graphique n°2

**Nombre de chutes coté falaise par an et par tranche de 100m :  
sur la période 1998-2002**



Graphique n°3

**Nombre de chutes coté mer et par tranche de 100m :  
sur la période 1998-2002**

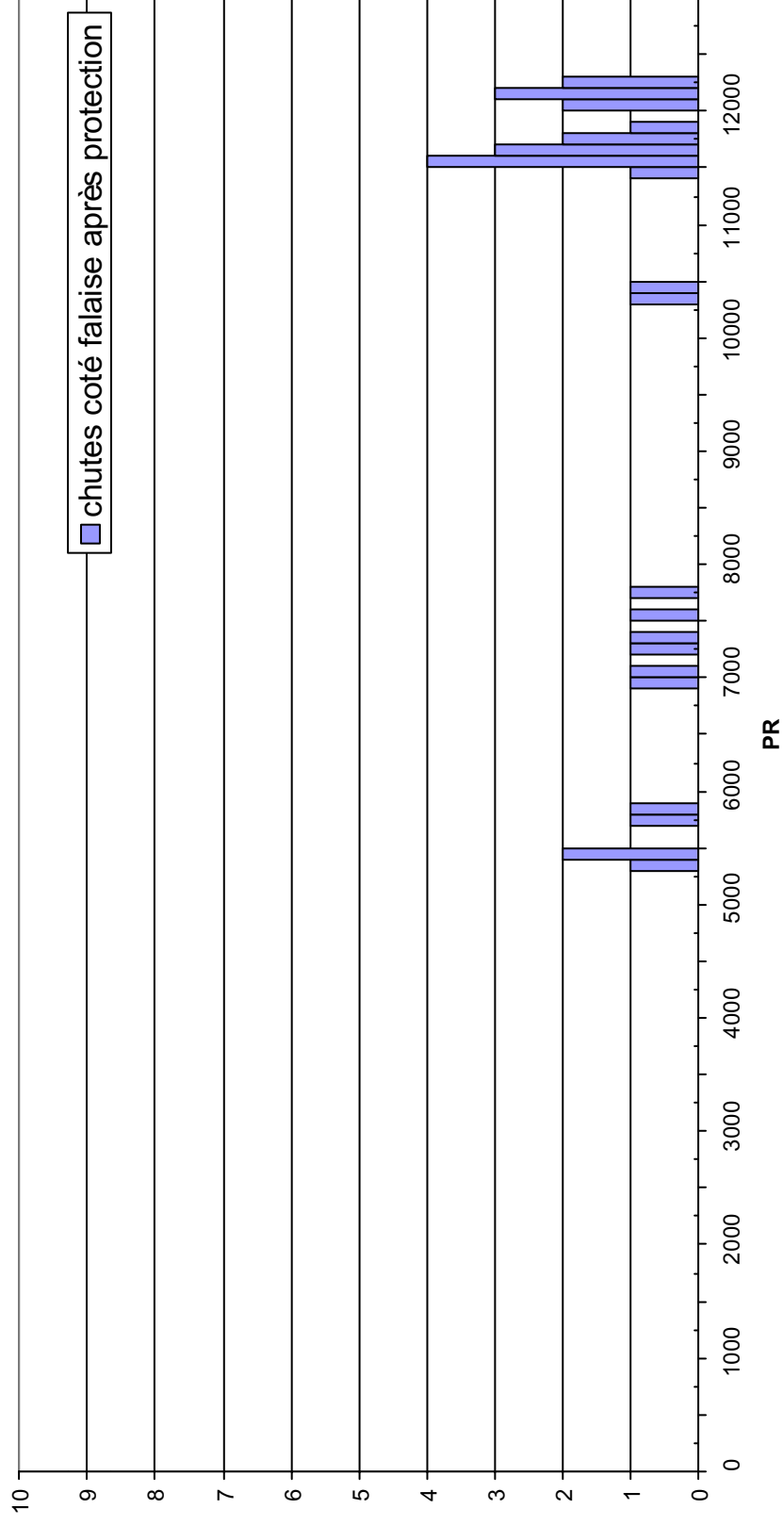


PR

□ Route basculée ■ Route ouverte

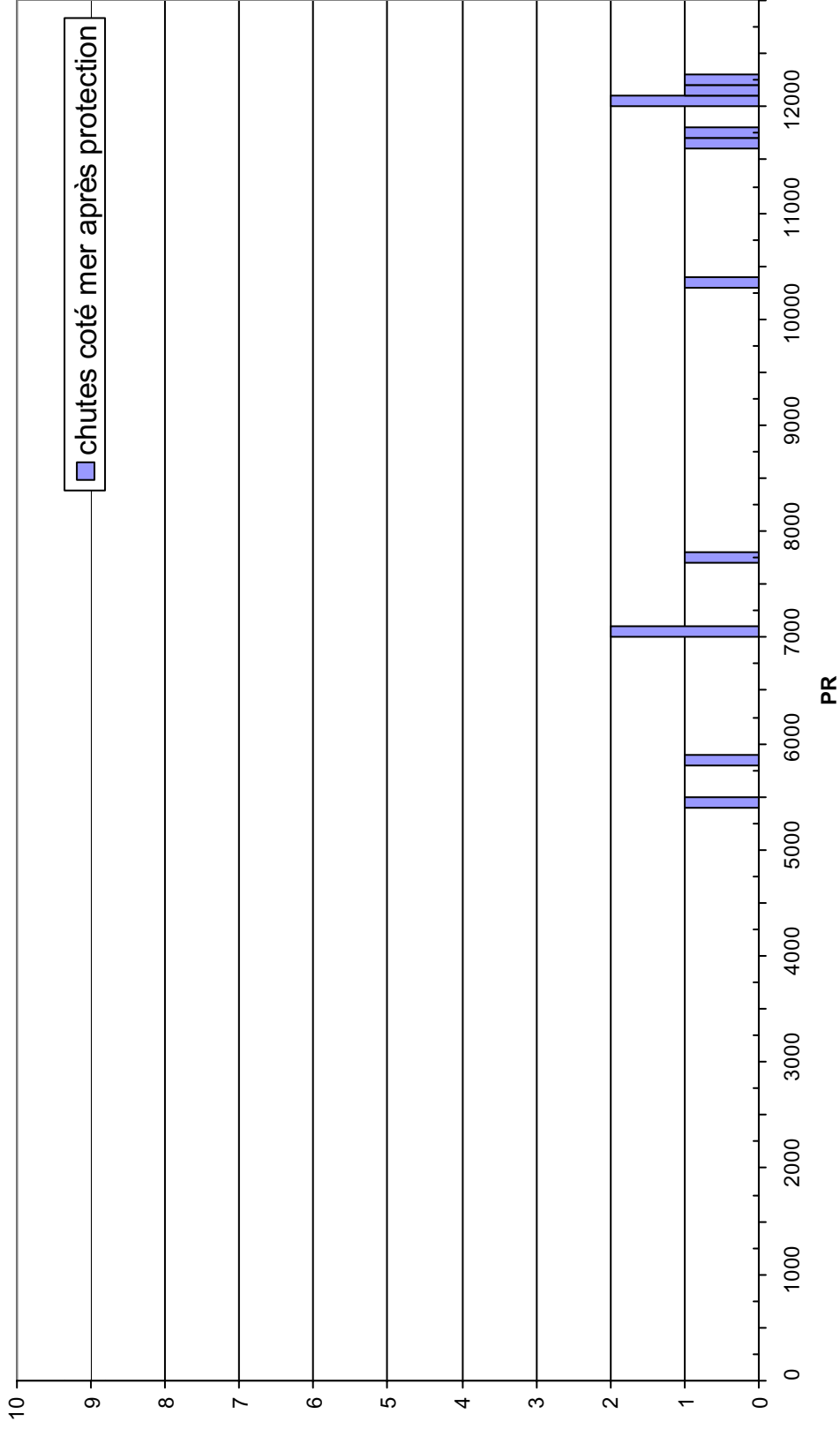
Graphique n°4

### Nombre de chutes coté falaise par tranche de 100m sur une période de 5 ans après réalisation du projet



Graphique n°5

**Nombre de chutes coté mer par tranche de 100m sur une période de 5 ans  
après réalisation du projet**



Graphique n°6

Paris, le 10 JUIN 2003

Monsieur le Vice-Président du conseil général  
des ponts et chaussées

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



**objet :** mission d'expertise - dispositions transitoires pour la sécurisation de la RN 1  
« route du littoral » sur l'île de La Réunion

La RN 1 entre Saint-Denis et La Possession, sur l'île de La Réunion, est reconnue comme l'une des sections de route nationale la plus exposée aux risques de chutes de pierres. Sur les 11,5 km concernés, entre le PR 1+500 et le PR 13+000, cette route construite en pied de falaise dont la hauteur varie de 100 à plus de 200 mètres, demeure essentielle à l'activité de la Réunion.

Sur cette section reliant Saint-Denis à l'ouest de l'île la circulation est particulièrement importante, dépassant 48 000 véhicules par jour. En période normale la chaussée est exploitée à deux fois deux voies de 3,25 m avec accotement revêtu, avec des chaussées larges de 11,25 m côté mer et de 10,25 m côté montagne.

L'importance du risque et la fréquence des chutes de pierres, essentiellement liés à l'intensité des précipitations pluvieuses a conduit à la mise en place de dispositifs de protection importants et d'une procédure originale de gestion de la circulation. En période de risque les deux voies côté montagne sont neutralisées et la circulation est basculée sur la chaussée côté océan. Cette affectation de voies, deux dans un sens et une dans l'autre, séparées par une glissière mobile en béton, varie pour accompagner le mouvement pendulaire des flux de déplacement à l'heure de pointe d'entrée ou de sortie à Saint-Denis.

Lors de précipitations exceptionnelles ou conjuguées à de fortes houles cycloniques, la route peut être totalement fermée à la circulation. Celle-ci se trouve alors reportée sur une route départementale de montagne extrêmement sinueuse, qui ne peut accepter qu'une faible partie de ce report de trafic.

Compte tenu des trafics constatés et de leur croissance, qui atteint 4,5 % par an à la Réunion, le système de basculement de la circulation pose des problèmes de plus en plus aigus tant en gestion des risques qu'en gestion de la circulation. Au cours des trois dernières années, la route a été basculée durant 180 journées, soit en moyenne 60 jours par an. Elle a été complètement fermée à plusieurs reprises, 1 jour en 2000, 2 jours en 2001, 4,5 jours en 2002) suite à des événements cycloniques ou pour effectuer des purges préventives de la falaise. Les chutes de pierres atteignant la chaussée sont dénombrées et répertoriées; on en compte entre 120 et 150 par an représentant un volume annuel d'environ 20 m<sup>3</sup> de matériaux. Au cours de ces années, on ne compte



que peu de victimes par chute de pierres (morts ou blessés graves), les mesures de précautions actuelles s'avérant relativement efficaces, mais sans garantie dans la durée.

Un projet de construction d'une route sur digue en mer puis en tunnel, couplée à la construction d'un transport en commun en site propre (TCSP) de type tram-train est envisagé (rapport du CGPC « Lauer-Binet ») à l'horizon 2012-2015. Cette réalisation, intitulée « RN 1 - liaison Saint Denis-ouest » apporte à long terme, la solution définitive au problème posé.

Dans l'attente, il apparaît cependant urgent et prioritaire de prendre des mesures permettant, à court et moyen terme, de sécuriser l'itinéraire et, autant que possible, d'améliorer les conditions d'écoulement des trafics dans des conditions de sécurité acceptables.

Afin de préparer un avenant au contrat de plan Etat-Région, les services de la DDE engagent actuellement l'étude d'un projet de travaux de sécurisation de l'ensemble de la section, consistant en une pose systématique de filets et de gabions sur toutes les zones à risques, qui permettrait d'améliorer la sécurité des usagers, et de réduire notablement les restrictions actuelles à l'écoulement de la circulation.

Le rapport joint élaboré par la direction départementale de l'équipement, recevant mon approbation, indique un projet de solution, qui doit être approfondi, et conclut à la nécessité d'une expertise complémentaire.

Aussi je souhaiterais que vous diligentiez une mission afin de valider la faisabilité et l'opportunité de ce projet, et plus particulièrement les hypothèses de gain de sécurité ainsi que la pertinence de nouvelles procédures d'exploitation à mettre en place. Je souhaite pouvoir disposer de vos premières conclusions à l'été 2003.

Le Directeur du Cabinet

  
Pierre GRAFF



La Défense, le 2 MAI 2003

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



Direction des Routes

# Rapport

**objet** : dispositions transitoires à mettre en œuvre pour la sécurisation de RN1 « route du littoral » sur l'île de la Réunion.

-----

## I - Description de la section concernée

La RN 1 entre Saint-Denis et La Possession, sur l'île de la Réunion, est connue en tant que « route du littoral », comme l'une des sections de route nationale les plus exposées aux risques de chutes de pierres. Sur les 11,5 km de cette section la route est construite en pied de falaise, dont la hauteur varie de 100 à plus de 200 mètres.

La circulation sur cette section d'itinéraire qui relie Saint-Denis à l'ouest de l'île est particulièrement importante dépassant 48 000 véhicules chaque jour. En période normale la chaussée est exploitée à deux fois deux voies de 3,25 m avec accotement revêtu (chaussées de 11,25 m côté mer et 10,25 m côté montagne).

## II – Les mesures de gestion actuelles

L'importance du risque et la fréquence des chutes de pierres, essentiellement liés à l'intensité des précipitations pluvieuses a conduit à la mise en place de dispositifs de protection importants (filets et gabions) et d'une procédure originale de gestion de la circulation.

Dès que le seuil de précipitation entraînant un risque accru de chute de pierres est atteint, la chaussée côté montagne est neutralisée et la circulation est canalisée sur la chaussée côté mer. Sur cette chaussée trois voies sont délimitées au moyen de dispositifs de sécurité amovibles en béton, deux voies dans un sens et une voie dans l'autre. Cette affectation de voies varie pour accompagner le mouvement pendulaire des flux de déplacement à l'heure de pointe d'entrée ou de sortie à Saint-Denis.

Lors de précipitations exceptionnelles ou conjuguées à de fortes houles cycloniques, la route peut être totalement fermée à la circulation. Celle-ci se trouve alors reportée sur une route départementale de montagne extrêmement sinueuse, qui ne peut accepter qu'une faible partie de ce report de trafic.

### **III - L'importance du risque**

Au cours des trois dernières années, la route a été basculée durant 180 journées, soit en moyenne 60 jours par an. Elle a été complètement fermée à plusieurs reprises, 1 jour en 2000, 2 jours en 2001, 4.5 jours en 2002) suite à des événements cycloniques ou pour effectuer des purges préventives de la falaise. Les chutes de pierres atteignant la chaussée sont dénombrées et répertoriées, on en compte entre 120 et 150 par an représentant un volume annuel d'environ 20 m<sup>3</sup> de matériaux.

Au cours de ces années, on ne compte que peu de victimes par chute de pierres (morts ou blessés graves), les mesures de précautions actuelles s'avérant relativement efficaces, mais sans garantie dans la durée.

### **IV - La nécessité d'une solution à court terme**

Compte tenu des trafics constatés et de leur croissance qui atteint 4.5 % par an à la Réunion, le système de basculement de la circulation pose des problèmes de plus en plus aigus et des files d'attente se créent de manière systématique, même dans des conditions d'écoulement « optimales ». Par ailleurs, le système instable se bloque au moindre incident ou à la moindre panne en dépit de mesures d'exploitation renforcées par un patrouillage 24h / 24, par une surveillance vidéo de l'itinéraire, et par une astreinte de deux dépanneuses en mode basculé.

Ce système d'exploitation montre ainsi ses limites à mesure de l'augmentation du trafic et du rééquilibrage économique du nord ouest de l'île. La situation, mal ressentie par les usagers et le milieu économique local, ne paraît pas pouvoir être supportable au delà du court terme (trois à quatre ans).

Un projet de construction d'une route sur digue en mer puis en tunnel, couplée à la construction d'un transport en commun en site propre (TCSP) de type tram-train est envisagé (rapport du CGPC « Lauer-Binet ») à l'horizon 2012-2015. Cette réalisation, intitulée « RN 1 - liaison Saint Denis-ouest » apporte à long terme, la solution définitive au problème posé.

Dans l'attente, il apparaît cependant urgent et prioritaire de prendre des mesures permettant, à court et moyen terme, de sécuriser l'itinéraire et, autant que possible, d'améliorer les conditions d'écoulement des trafics dans des conditions de sécurité acceptables.

### **V - Le contexte favorable à une solution**

Le contrat de plan État - région Réunion 2000-2006 en cours prévoyait à l'origine la réalisation d'une première tranche d'études et de travaux (180 M€, dont 90 M€ envisagés dans le cadre d'un financement européen) de la « RN1 liaison Saint Denis-Ouest », évoquée ci dessus. Ce financement initialement prévu n'ayant pu être mobilisé, la réalisation de cette première tranche devient impossible, car il n'offre plus aucun caractère fonctionnel, à l'exception la part études s'élevant à 8 M €.

À la demande de la région, sous réserve des conclusions de la mission d'expertise proposée dans le présent rapport, la direction départementale de l'équipement propose au préfet un avenant au CPER qui permettra la réaffectation de tout ou partie des crédits ainsi rendus disponibles, soit 82 M€, à la sécurisation à court terme de la route du littoral dans l'attente de la réalisation de la liaison Saint-Denis-ouest (2x2 voies et TCSP).

## **VI - Le projet de solution**

L'objectif principal recherché est d'assurer la sécurité des usagers face aux risques de chutes de pierres isolées ou d'éboulements de quelques mètres-cube, tout en maintenant des conditions d'écoulement de trafic normales ou aussi peu réduites que possible, dans des conditions météorologiques d'occurrence courante.

Le dispositif envisagé permettrait de rendre l'itinéraire moins dangereux, pendant le délai, dix à quinze ans, nécessaire à la réalisation de la nouvelle liaison Saint Denis-ouest et de réduire le nombre et la durée des périodes de basculement de circulation ainsi que la longueur de la section basculée. Le seuil de l'intensité de pluie déclenchant les basculements pourrait alors être relevé.

L'objectif recherché ne consiste pas à maîtriser l'ensemble des risques et à considérer que l'itinéraire est totalement protégé, il ne pourrait financièrement pas l'être. La chute de blocs en grande masse demeure toujours possible et n'apparaît pas pouvoir être maîtrisée.

Le projet de sécurisation de la route du littoral serait réalisé avec des procédés classiques déjà utilisés sur certaines sections, tels que des filets, couplés avec des fosses et des gabions.

Le niveau actuel des études est limité à l'état des lieux (topographie, trajectographie, relevés des incidents, trafics et évolution). Le CETE Méditerranée prévoit de réaliser l'étude de définition en 2003. Ceci laisse à la mission la possibilité de mener ses investigations de manière approfondie.

## **VII - Conclusion : la nécessité d'une expertise**

Pour évaluer la faisabilité, le coût et l'opportunité de ce projet, et principalement les hypothèses de gain de sécurité ainsi que la pertinence de nouvelles procédures d'exploitation à mettre en place, il paraît éminemment souhaitable que des avis d'experts puisse être mobilisés. Aussi je propose de solliciter en ce sens le conseil général des ponts et chaussées afin qu'une mission soit diligentée dans les meilleurs délais.

  
Le directeur des routes  
Patrick GANDIL

---

**note à l'attention de**  
**Monsieur le directeur de cabinet**

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



**direction**  
**des routes**  
sous-direction  
des investissements  
routiers

Bureau des  
opérations en  
rase campagne  
001-0034

12 MAI 2003

la Défense, le

**objet :** RN1 à La Réunion – Sécurisation de la route du littoral

**référence :** RdL - sécurisation - mission d'expertise

**affaire suivie par :** Mireille BOSC - R/IR-RC

☎ 01 40 81 88 06, ☎ 01 40 81 19 92

mireille.bosc@equipement.gouv.fr

Depuis plusieurs années, l'île de la Réunion est confrontée à une très forte augmentation de ses besoins de déplacements et cette progression devrait se poursuivre à un rythme soutenu compte tenu de l'évolution démographique. La route du littoral reliant Saint-Denis et La Possession constitue un axe vital pour l'île et supporte un trafic de l'ordre de 48 000 véhicules par jour. Elle est soumise depuis sa mise en service en 1961, à des chutes de rochers qui ont causé la mort de plusieurs personnes. L'importance du risque et la fréquence des chutes de pierres, essentiellement liés à l'intensité des précipitations pluvieuses a conduit d'une part à la mise en place de dispositifs de protection importants et d'une procédure originale de gestion de la circulation pouvant aller jusqu'à la fermeture de la voie et d'autre part à la recherche de solutions de remplacement de la route actuelle.

Aussi, dans un contexte général marqué à la fois par la progression des déplacements, l'ampleur des investissements à réaliser en matière routière et de transports collectifs et l'évolution du cadre législatif relatif à la voirie nationale dans les régions d'outremer, le cabinet du ministre de l'équipement des transports et du logement interpellé par le président du conseil régional, a demandé au conseil général des Ponts et Chaussées de diligenter une mission d'expertise sur le problème des transports intérieurs de l'île. Cette mission menée au cours de l'année 2001 a porté sur les quatre thèmes suivants :

- la problématique générale des déplacements terrestres sur l'île ;
- la faisabilité d'un transport en commun en site propre entre Saint-Benoît et Saint-Paul ;
- la réalisation des travaux routiers sur le réseau national ;
- le transfert de compétences du réseau national.

Ce rapport souligne de manière extrêmement claire la nécessité de créer un transport en commun en site propre ferroviaire (TCSP) de Saint-Paul à Saint-Benoît, et de procéder à une construction rapide d'une nouvelle route du littoral entre Saint-Denis et La Possession, en prévoyant sur la plate-forme routière, le passage du site propre ferroviaire, afin de réduire au minimum la longueur en tunnel de celui-ci et d'optimiser les investissements publics.

Il envisage également plusieurs scénarios de réalisation de ces différentes infrastructures ainsi que les financements correspondants, et propose plusieurs recommandations pour accompagner le transfert de compétences sur le réseau national.

Ce document a été adressé au préfet de La Réunion en lui demandant de recueillir l'avis des collectivités territoriales sur le développement des infrastructures de transport de l'île afin de permettre la définition d'une vision commune entre l'Etat et les collectivités territoriales. Cette consultation a eu notamment pour but de rechercher un consensus entre collectivités pour définir la maîtrise d'ouvrage de l'investissement TCSP, d'identifier plus clairement les options techniques et variantes des tracés envisageables pour assurer la traversée et la desserte de Saint-Denis et de dégager des premières hypothèses de phasage de cet investissement, ainsi que celles portant sur les infrastructures routières.

Vous avez été destinataire du rapport du préfet en date du 13 février 2003 qui évoque les idées-force du débat mené sous l'égide de la région le 6 décembre 2002 :

- un consensus de tous les acteurs sur la maîtrise d'ouvrage de la région pour la réalisation du tram-train ;
- un consensus sur la nécessité d'un phasage des travaux du TCSP, avec une première phase en partie ouest entre Saint-Denis et Saint-Paul ;
- un accord sur le principe d'un nouvel ouvrage mixte, route sécurisée et TCSP, entre Saint-Denis et La Possession ;
- un fort scepticisme sur la pertinence d'un service par cars express en phase transitoire ;
- la demande des collectivités locales d'une instance de concertation et de coordination des transports collectifs ;
- des interrogations sur les aides possibles, notamment dans le cadre européen, au-delà de 2006.

Par ailleurs la mission d'audit des grandes infrastructures a noté dans son rapport la pertinence des projets envisagés et la responsabilité particulière de l'Etat sur la mise en sécurité de la RN 1, tout en soulignant le caractère essentiel de la recherche des solutions les plus raisonnables économiquement et budgétairement sur la base d'évaluations socio-économique solide et de simulations financières réalistes.

Suite à ces rapports il apparaît nécessaire :

- de mettre en œuvre des mesures de sécurisation transitoires sur l'itinéraire existant, compte tenu des incertitudes qui restent à lever pour réaliser la nouvelle infrastructure. Ces dispositions pour traiter la sécurisation à court terme doivent s'accompagner d'une vision partagée entre l'Etat et les collectivités locales sur les projets à moyen et long terme. Elles pourraient éventuellement trouver un financement par redéploiement de tout ou partie du contrat de plan Etat – région, avec une participation des collectivités. Il me paraît souhaitable de préciser les mesures à réaliser, notamment sous l'aspect de la maîtrise du risque naturel, des dispositions techniques de prévention et de l'exploitation de la section exposée. C'est pourquoi j'ai l'honneur de proposer à votre approbation la mise en place d'une mission d'expertise qui porterait sur ces aspects et qui serait diligentée par le CGPC. Vous trouverez à cet effet un rapport circonstancié, élaboré pour l'essentiel par la direction départementale de l'équipement, recevant mon approbation, ainsi qu'une proposition de lettre de mission.
- dans un deuxième temps, de finaliser les orientations de l'Etat sur ce dossier. Celles-ci pourraient être calées lors d'une réunion au cabinet entre les différents

acteurs de l'Etat concernés (mission d'expertise, préfet, DDE, DTT, DPSM, DR) au cours de laquelle serait abordés le projet d'ouvrage mixte, le phasage du TCSP et la solution transitoire par bus, les recherches de financement possible, la saisine de la commission nationale du débat public, la mission de travail sollicitée auprès de la DTT par le conseil régional.

Le directeur des routes

  
Patrick GANDIL

**PJ :** rapport du préfet du 13 février 2003, délibération de la commission permanente du conseil régional, rapport sécurisation, projet de lettre de mission au CGPC

**copie à :** DR, DR-A, DR-IR, DR-MS, DR-IR-RC, chrono  
DTT-TC, DPSM-PBC

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