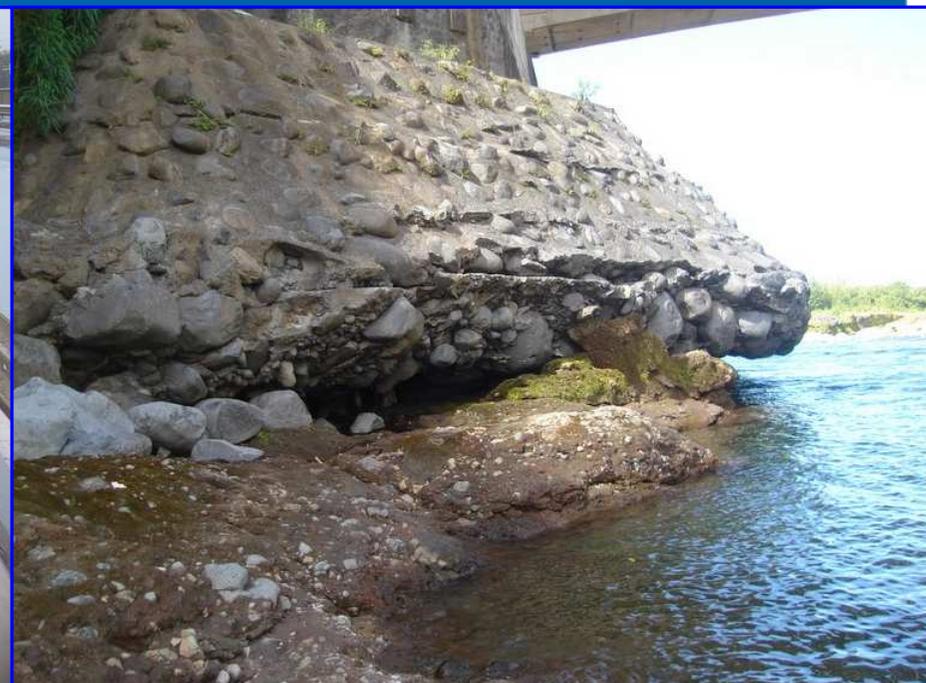


L'expertise pour l'ingénierie de crise  
Aix en Provence, le 19 juin 2014



## OA stratégiques de la région Réunion, de l'urgence à l'anticipation

Intervenant D. Batista , LAP/Géotechnique et Mécanique des Sols  
Participant : J.L. Delgado, DREC/SRILH



# Plan de la présentation



- L'urgence
- L'expertise au service de la gestion de l'urgence
  - Rétablir la circulation
  - Analyse de risque et priorisation des confortements
  - Mise en sécurité des ouvrages critiques
- Le contrôle de la situation post crise :
  - Mise en œuvre d'une procédure post cyclonique
  - Réduction du risque par confortement définitif des OA
- Retour d'expérience et anticipation lors de la conception des nouveaux ouvrages
- Conclusions

# Le constat et l'urgence

- 27 février 2007 : effondrement de l'OA aval sur la Rivière St Etienne
- P7 est ruinée par affouillement suite à une attaque d'un bras vif
- Constat : abaissement de 5m du lit lors d'une crue cyclonique, ruine de l'ouvrage fondé superficiellement sur les alluvions
- Contexte :
  - extractions massives de matériaux => déstabilisation du lit
  - réduction de la largeur du lit.



# L'expertise au service de la gestion de l'urgence

- La RN1 est bloquée => paralysie de la réunion
- Rétablir au plus tôt cet axe stratégique
- Aide à la conception dans l'urgence d'un radier « fusible »
  - rétablissant la circulation
  - et compatible avec un certain niveau d'écoulements



# L'expertise au service de la gestion de l'urgence

- L'analyse de risque et la priorisation des confortements :
  - Évaluation de l'aléa affouillement : mise au point d'une méthodologie simple :
    - Type et hauteur d'encastrement de la fondation
    - Nature des sols : érodables ou affouillables
  - Évaluation sommaire de la vulnérabilité des ouvrages :
    - Hyperstaticité
  - Priorisation des ouvrages à conforter
  - Mise en sécurité des ouvrages les plus critiques :
    - Mise au point de techniques simples et rapides à mettre en oeuvre

# Rivière Saint Etienne amont

- Fondation de l'ouvrage : fondations superficielles sur alluvions affouillables ou coulées boueuses érodables



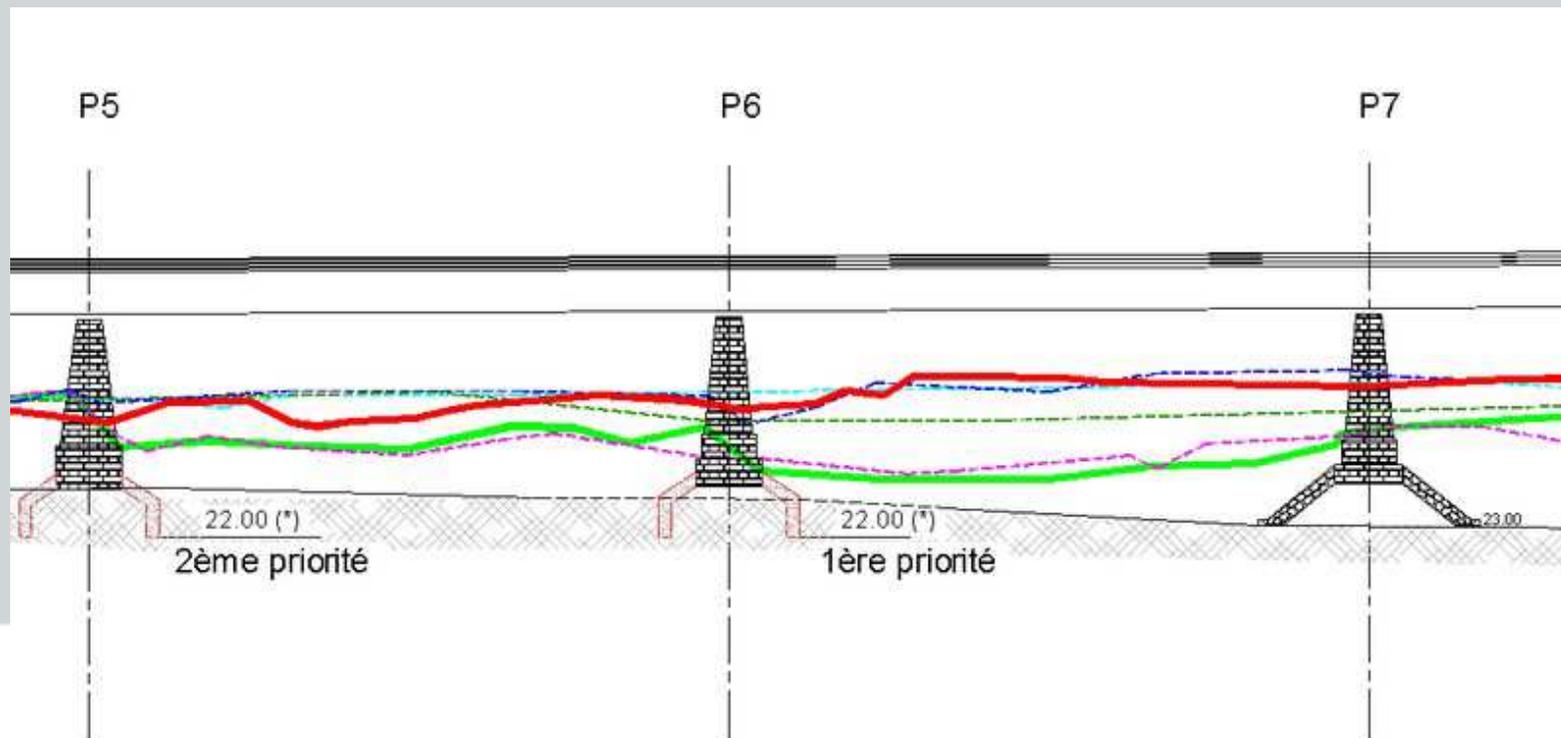
alluvions : évolutions brusques des affouillements



Coulées érodables dégradations progressives

# Rivière Saint Etienne amont

- Aléa affouillement de chaque appui évalué en fonction de
  - Nature des sols porteurs
  - Marge de sécurité toit du lit et les cotes de fondations/protection
  - Proximité d'un bras vif, vitesse d'abaissement du lit
  - Granulométrie du lit et débits attendus



# Vulnérabilité, enjeux et priorisations

- Évaluation sommaire de la vulnérabilité des ouvrages
  - L'hyperstaticité :  
phénomène de domino ...

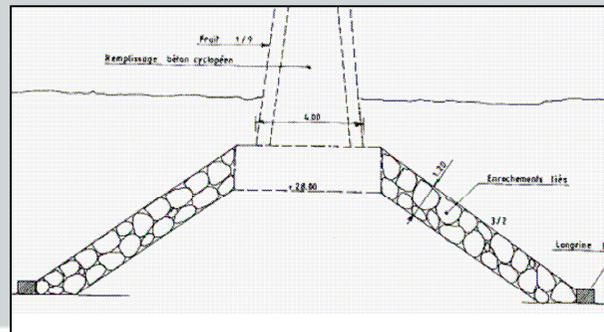


ruine de l'ouvrage aval sur la Rivière Saint-Etienne

- enjeux : réseau RN à sauvegarder
- Mise au point d'un tableau de priorisation

# Rivière Saint Etienne amont

- Priorisation des confortements :
  - Sécurisation provisoire immédiate : tapis anti affouillement constitué de 2 épais. de blocs de champs
  - Confortements « définitifs » : confortement par jet grouting ou mise en œuvre d'une carapace en enrochements liaisonnés et ancrée

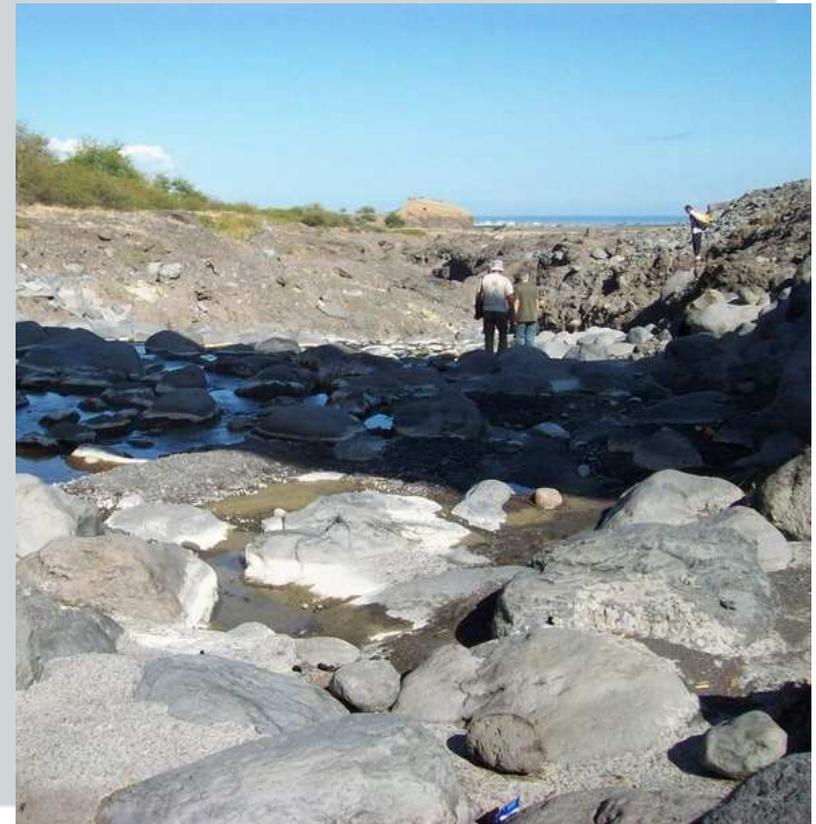


Reprise / enceintes jet constituées de colonnes de 2m de  $\Phi$



# Rivière des galets

- disparition de la couche alluvionnaire et percement d'un canyon dans la coulée boueuse menaçant un appui





# Rivière des galets

- Mise en sécurité via la constitution d'un seuil constitué d'une carapace en enrochements liaisonnés avec bêche amont



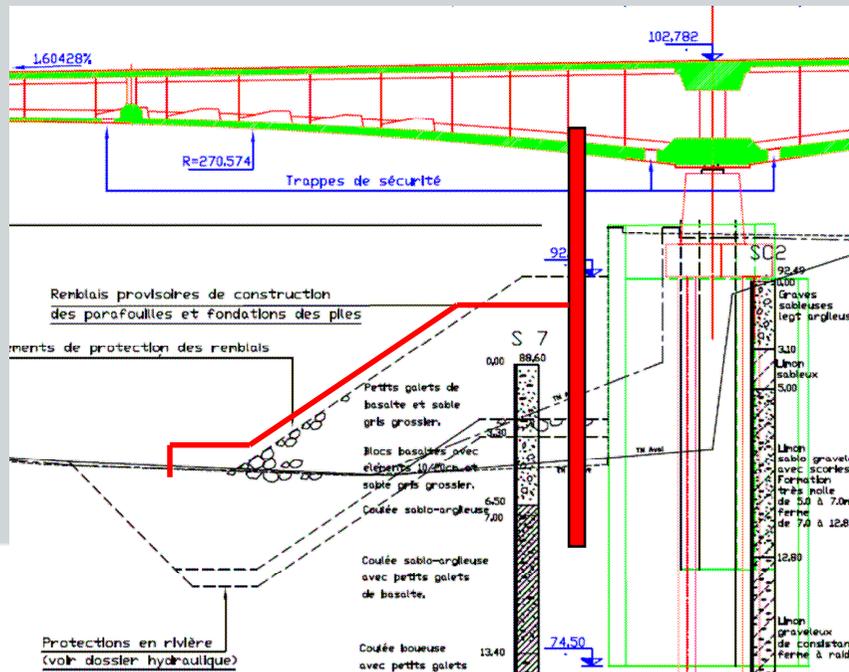
Usure du béton entre les blocs constituant la carapace du seuil



# Rivière du Mat

- la pile P2 fondée à 70,5NGR et protégée par une paroi moulée fondée à 74,5NGR à l'amont et 79NGR à l'aval.
- paroi dimensionnée pour un affouillement de 82NGR et protégée par un parafouille en enrochements bétonnés lui même affouillé !
- parafouille très vulnérable dont la rupture dans le lit mineur entraînerait la création d'un obstacle induisant un risque de déchaussement de la paroi moulée perchée.

Parafouille de protection de la paroi moulée affouillé



# Rivière du Mat

- Etranglement du bras vif provoqué par
  - L'avancée des enrochements bétonnés du parafouille
  - la présence en rive droite d'une coulée plus rocheuse : Le comblement de la cavité sous les enrochements
- Décapage de la couche alluvionnaire et surcreusement de la coulée boueuse (effet canyon)
- Enfouissement du lit de près de 10m



# Rivière du Mat

- confortement provisoire du parafeuille par bêche ancrée
- confortement définitif de la paroi moulée nécessaire : 2ème paroi par pieux contigus en protection ...



# Le contrôle de la situation post crise

- Le cyclone Gamède a montré l'extrême sensibilité du patrimoine OA réunionnais aux épisodes cycloniques

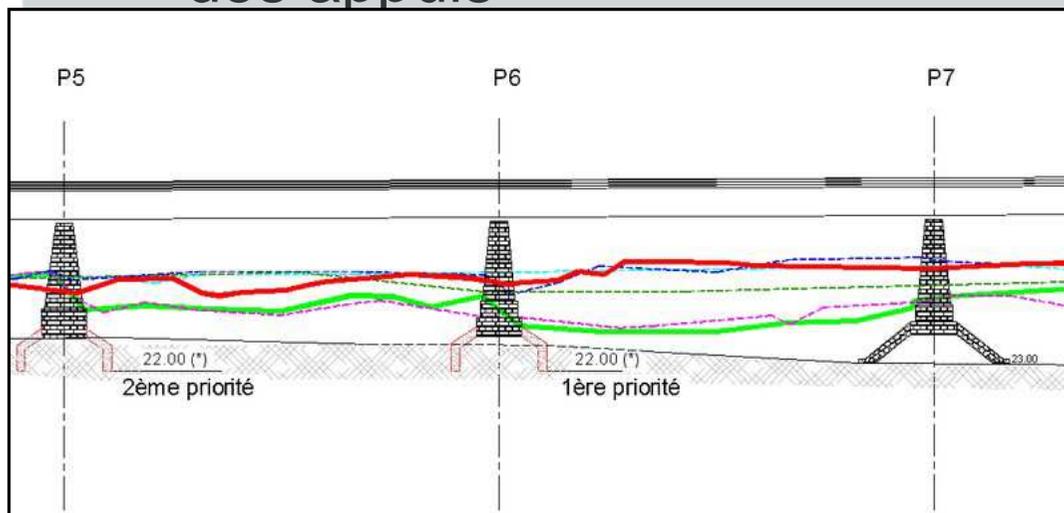


ruine de l'ouvrage aval sur la Rivière Saint-Etienne



# Le contrôle de la situation post crise : la procédure postcyclonique

- Formalisation d'une procédure de surveillance cyclonique
- Identification des ouvrages vulnérables : fondations reposant sur des alluvions affouillables (<> massif de fondations érodables-coulées boueuses).
- Analyser, après chaque crue importante, la configuration
  - du lit, des bras vifs
  - des appuis

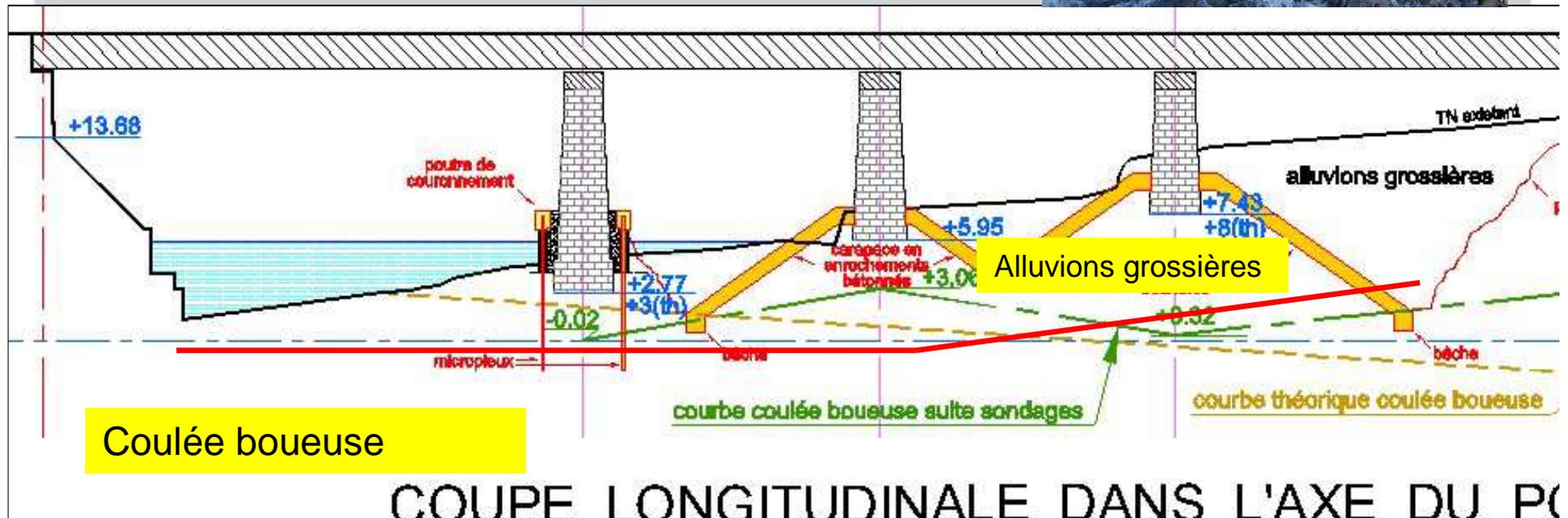


# La gestion post crise : procédure postcyclonique

- Visite des OA stratégiques ou affouillables immédiatement après le cyclone et la décrue (équipes locales) permettant
  - de détecter les désordres apparus lors des cyclones
  - d'anticiper en alertant au plus tôt sur les réparations à effectuer.
  - juger rapidement des conditions de remise en circulation
- suivi topo de l'évolution du lit (100 m amont, 100 m aval) et mise à jour du dossier géotechnique
  - permettant de suivre les bras vifs,
  - Détecter l'érosion et l'abaissement des lits propices aux affouillements des piles et culées.
- Mission conjointe géotechnicien-hydraulicien : évaluation vulnérabilité des OA
  - Analyse de la configuration des fondations : nature des fondations, hauteur d'encastrement ...
  - proximité bras vif, vitesses d'évolutions.
  - Surveillances et principes de sécurisation

# Réduction du risque par confortement définitif : cas de la rivière des Marsouins

- Contexte géotechnique : P1, P2, P3 et P4 fondées sur des formations alluvionnaires grossières. Culées fondées sur une coulée boueuse cimentée
- P1 et P2 extrêmement vulnérables (attaque/lit vif)



Coulée boueuse

COUPE LONGITUDINALE DANS L'AXE DU PO

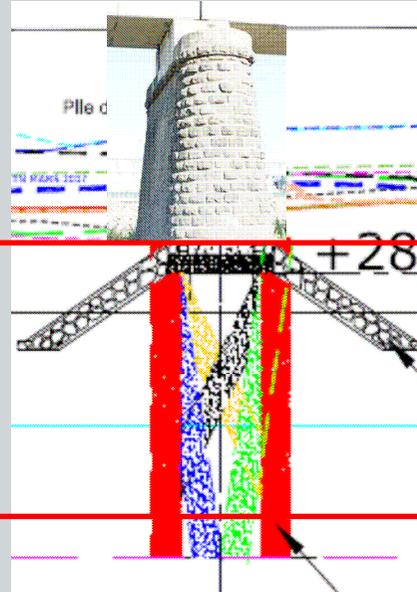
# Rivière des Marsouins

- Mise en sécurité provisoire de P1 et P2 :
  - tapis anti affouillement constitués de 2 épaisseurs de blocs de champs
- Recherche d'un confortement dans un contexte difficile
  - Proximité du lit vif et circulations hydrauliques dans le sol
  - Alluvions crues constituées de blocs de basalte métriques, de graviers et de sables faisant craindre des problèmes de stabilité de forage ...

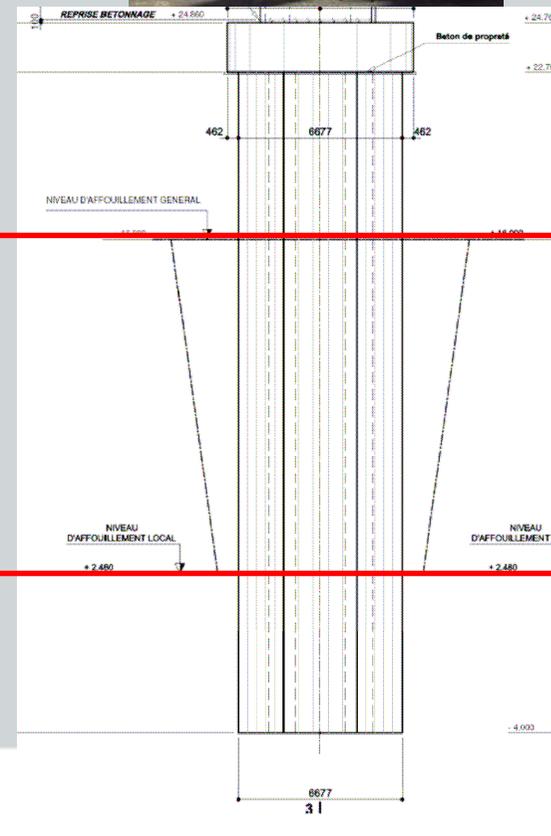




# REX et conception des nouveaux ouvrages



TN



Affouillement général

Affouillement localisé

- cas du nouveau pont sur la Rivière Saint Etienne conçu pour résister à des affouillement extrêmes :  
30m/TN actuel



# L'anticipation lors de la conception des nouveaux ouvrages

- La nouvelle route du littoral conçue pour s'affranchir des aléas naturels majeurs :
  - chutes de blocs
  - Effondrements en grande masse : 35 000m<sup>3</sup>,



# REX et conception des nouveaux ouvrages

- La nouvelle route du littoral conçue pour s'affranchir des aléas naturels majeurs :



# Conclusion

- Confrontés à une situation de crise dans un contexte généralisé de déstabilisation des lits de rivière
- Évaluation à dire d'expert de l'aléa affouillement et priorisation des confortements sur les appuis reposant sur alluvions meubles (26 OA stratégiques concernés)
- Ampleur de l'aléa et pathologies inhabituelles ont nécessité l'intervention conjointe d'experts hydraulicien et géotechnicien
- Mise en œuvre de procédures postcycloniques => gérer la situation post crise
- Des solutions de confortement originales adaptées au contexte réunionnais
- REX => améliorant la conception des nouveaux ouvrages