

المملكة المغربية



قبة الرعاية السامية لحماة الجلالة الملكة محمد السادس
ⵜⴰⵎⴰⵔⵜ ⵜⴰⵎⴰⵏⴰⵙⵜ ⵜⴰⵏⴰⵎⴰⵙⵜ ⵜⴰⵖⴰⵎⴰⵏⵜ
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI



الجمعية المغربية الدائمة
لمؤتمرات الطرق
L'Association Marocaine
Permanente des Congrès de la Route



11^{ème}

المؤتمر الوطني للطرق
ⵎⵓⵔⵏⵉⵔ ⵏ ⵙⵉⵙⵉⵎⵓⵏ ⵏ ⵙⵉⵙⵉⵎⵓⵏ
Congrès National de la Route

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure
routière dans le nouveau modèle
de développement économique
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

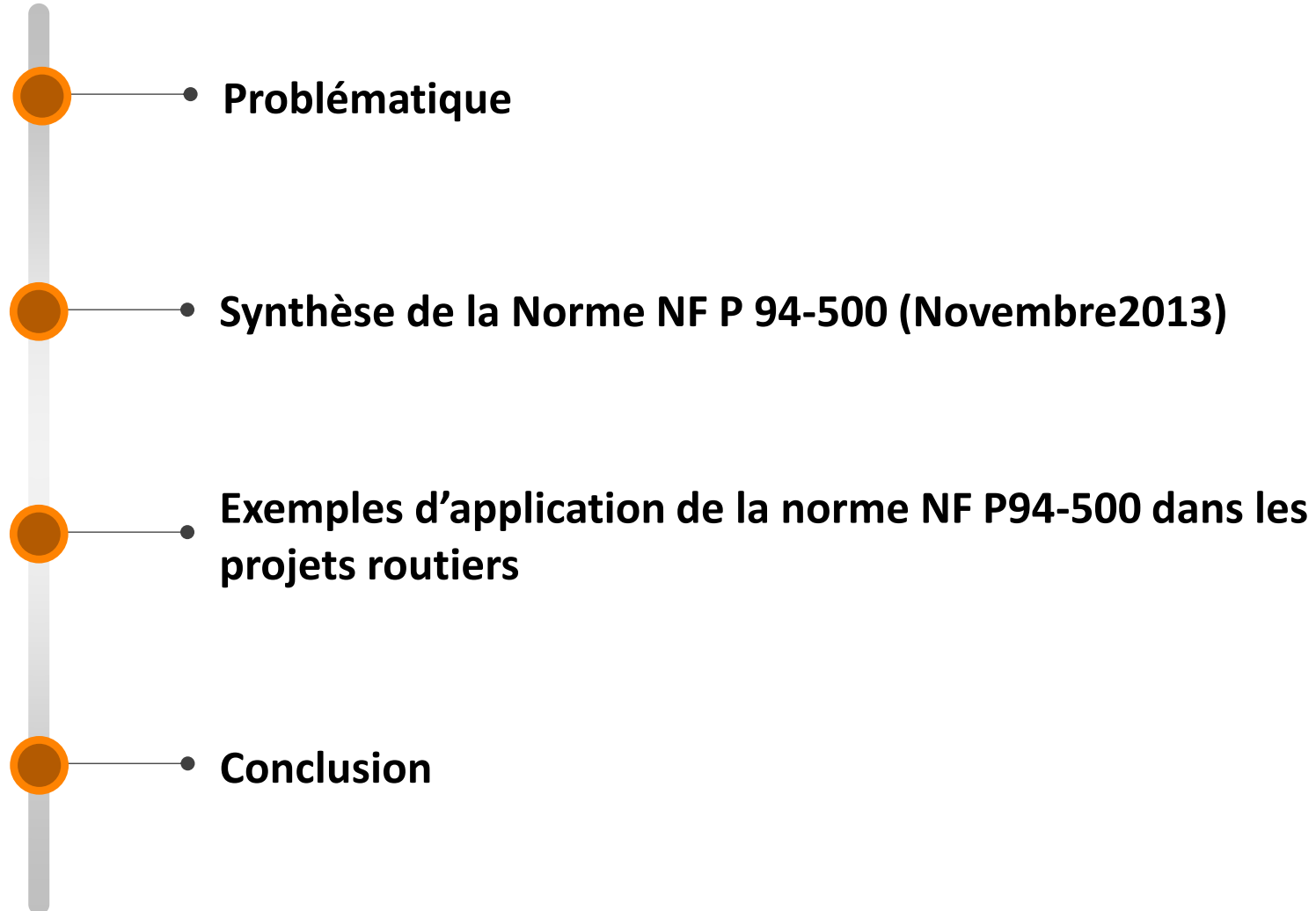
10/12 Nov. 2022 - Dakhla

Apport des missions d'ingénierie géotechnique dans les projets routiers

Mme. Y. MOUSSAOUI

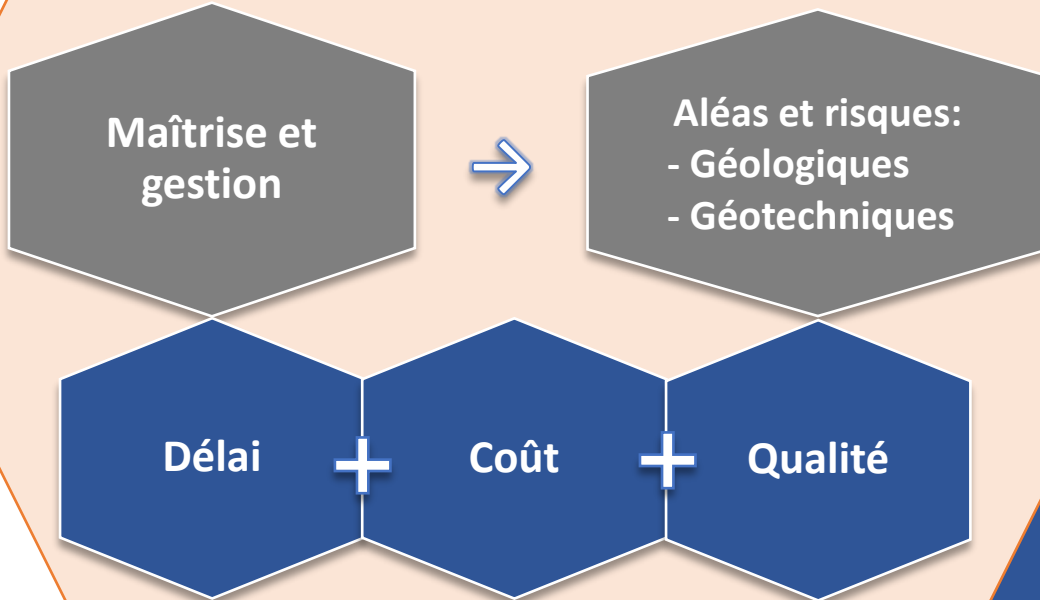
Mme. S. HOUARI

Cadres au Service Chaussées et Géotechnique - DERN - DEDRR



NF P94-500

Structurer les missions géotechniques



→ L'application de cette norme dans les projets routiers nationaux : limitée à des projets spécifiques.

Projets routiers :

** Pratique courante:*

Volet géotechnique = simple chapitre noyé dans l'étude

** Application de la norme:*

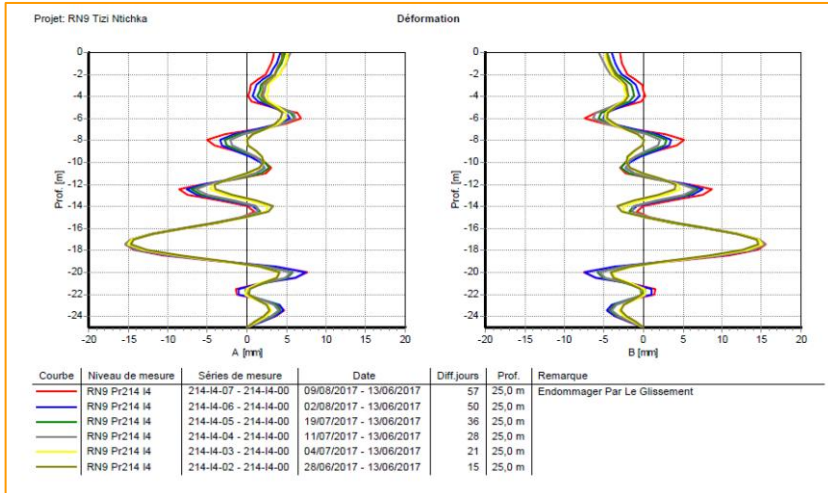
Volet géotechnique = Mission géotechnique, livrable distinct de l'étude

Intérêt et domaine d'application

- La gestion efficace des risques doit comporter trois volets nécessaires :

Identification **Evaluation** **Traitement**

- La synchronisation des missions géotechniques avec les phases de conception et de réalisation d'un projet routiers.



Exemple de résultats d'instrumentation en inclinomètre RN9 (Zone 2) – Col Tizi N'Tichka



Solution de traitement du glissement au PK255 de la RN6 (Fès-Taza) : Tirants d'ancrage (talus) + remblai léger (plateforme)



Passage de la RN13 (liaison Zaïda-Rich) : falaise rocheuse



Glissement, RN16 (PK110) -Aouchtam, Tétouan

Classification et enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)	Phase Étude de Site (ES)	Enquête documentaire, programme d'investigations géotech. , modèle géologique préliminaire, principales caractéristiques et risques géotechniques.
	Phase Principes Généraux de Construction (PGC)	<ul style="list-style-type: none"> - Si besoin, définir, réaliser un programme d'investigations géotech. spécifique et en exploiter les résultats; - Synthèse des données géotechniques: approche ZIG, certains PGC envisageables.
ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)	Phase Avant-projet (AVP)	<ul style="list-style-type: none"> - Si besoin, définir, réaliser un programme d'investigations géotech. spécifique et en exploiter les résultats; - Hyp. Géotech. à prendre en compte, principes de construction envisageables, ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotech. , pertinence d'application de la méthode observationnelle.
	Phase Projet (PRO)	<ul style="list-style-type: none"> - Si besoin, définir, réaliser un programme d'investigations géotech. spécifique et en exploiter les résultats; - Synthèse des Hyp. Géotech. , notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotech., notes de calcul de dimensionnement, avis sur les valeurs seuils et approche des quantités.
	Phase DCE / ACT	<ul style="list-style-type: none"> - Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques ; - Assister éventuellement le MO pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.
ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4)	ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)	Phase Etude et Phase Suivi
	SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)	Phase Etude et Phase Suivi
DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)		<ul style="list-style-type: none"> - Après Enquête documentaire, définir, réaliser un programme d'investigations géotech. spécifique et en exploiter les résultats ; - Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques ; - Si le diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, les études géotechniques et le suivi (Etapes 2 et/ou 3) seront réalisées ultérieurement.

1. CPS d'achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre Fès et Taounate du PK732+800 au PK805+800 sur 73 km

Le ministère de l'Équipement et de l'Eau



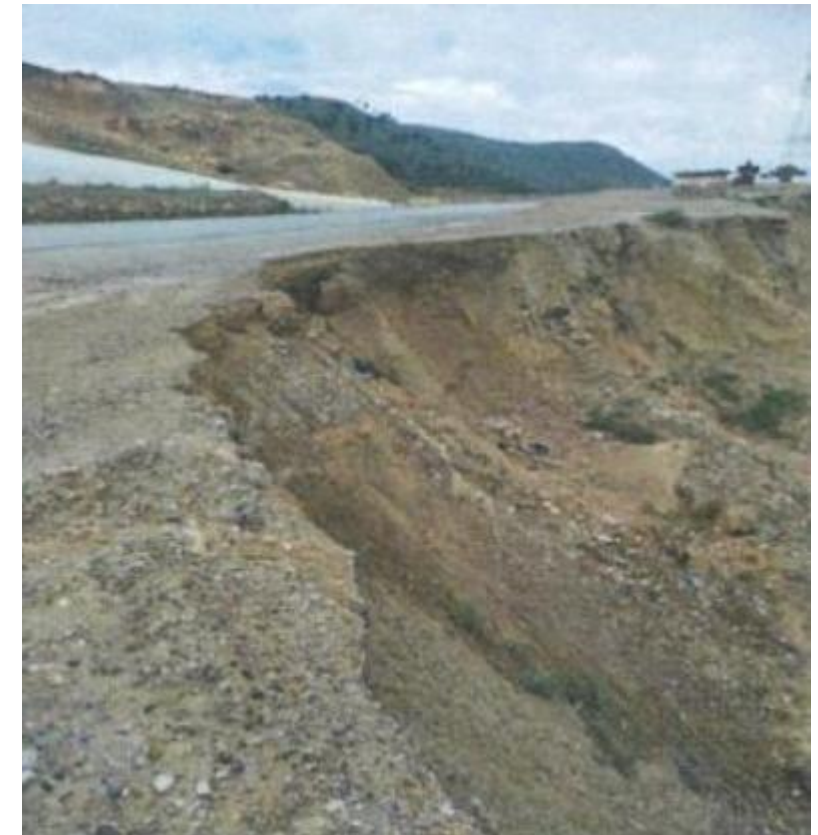
Achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre FES et
TAOUNATE

*La première étude ne détaillait pas ce volet en bien distinguant les livrables des missions géotechniques comme le prévoit la présente étude.



CPS

Volet géotechnique : Application de la NF P94-500



Exemple de glissement par sapement en aval affectant la plateforme de la chaussée au PK 747+500 de la RN8

1. CPS d'achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre Fès et Taounate du PK732+800 au PK805+800 sur 73 km

Exemple d'affleurement de formation Marno-calcaire altérée



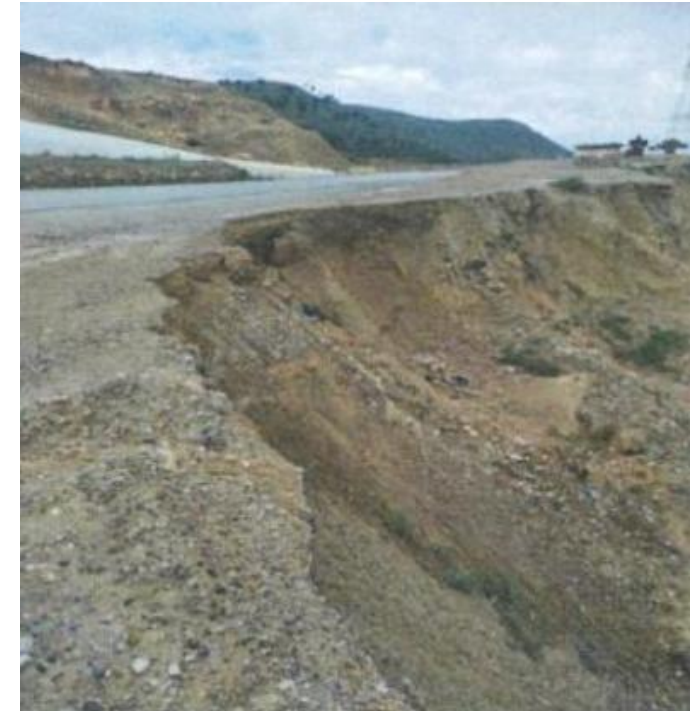
Missions d'ingénierie géotechnique détaillées au niveau du CPS comme suit :

☐ Première phase : (G1)

Etude d'évaluation des risques géotechniques et géologiques des instabilités de terrain

→ Cette mission doit faire l'objet d'un **livrable** : Diagnostic détaillé comportant les zones à risques avec tous les aspects exigés par le CPS.

(Déblais de grandes hauteurs, présence de sol marneux, anciens glissements, risque de dissolution des argiles et marnes salifères, ...)



Exemple de glissement par sapement en aval affectant la plateforme de la chaussée au PK 747+500 de la RN8

1. CPS d'achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre Fès et Taounate du PK732+800 au PK805+800 sur 73 km



Exemples de présence des argiles et marnes salifère (Risque de dissolution)

1. CPS d'achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre Fès et Taounate du PK732+800 au PK805+800 sur 73 km

❑ Deuxième phase «Etude d'avant-projet » : (G2-AVP)

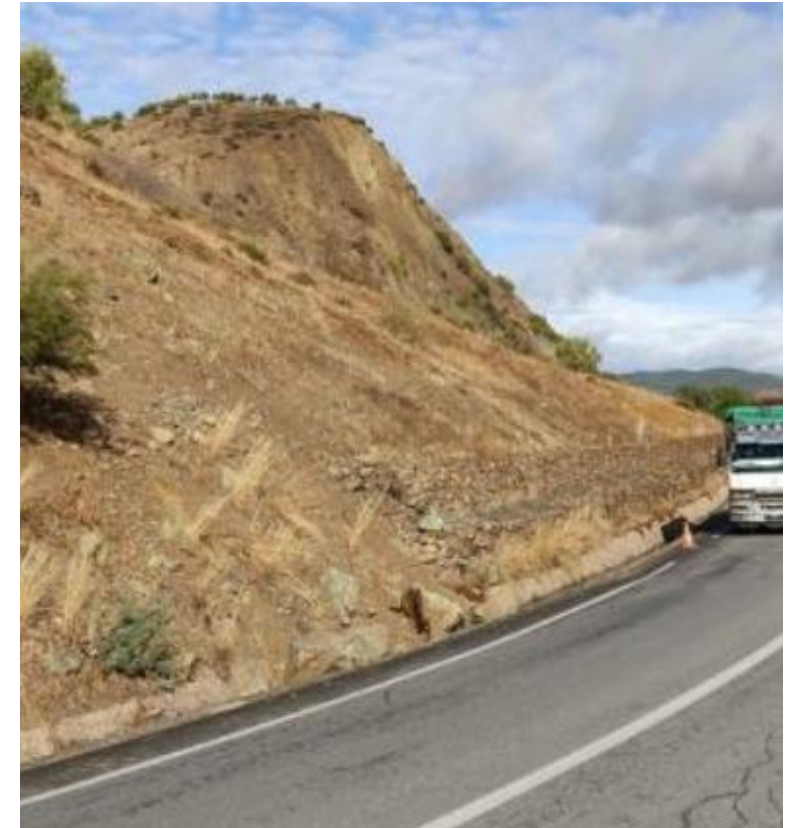
Proposer des variantes de solutions de traitement des instabilités ou des risques identifiés dans chaque zone précédemment définie.

→ fournir l'ébauche dimensionnelle d'un profil type de solution de traitement de chacune des zones à étudier et réduire les conséquences des désordres et risques géotechniques et géologiques identifiés.

→ **Le livrable doit** comporter toutes les variantes de solutions envisageables avec méthodologie de calcul et de dimensionnement, des plans Et ce pour chacune des zones à étudier.

L'objectif est de faciliter le choix de la variante à retenir dans la suite de l'étude

+ Programme d'investigations géotechniques.



Exemple de passage en déblai pour l'élargissement de la route du PK 5+000 eu PK 7+000

1. CPS d'achèvement de l'étude de dédoublement de la RN8 entre Fès et Taounate du PK732+800 au PK805+800 sur 73 km

❑ Mission: Etude d'exécution :

Cette phase de l'étude regroupe entre autre pour le volet géotechnique les prestations suivantes :

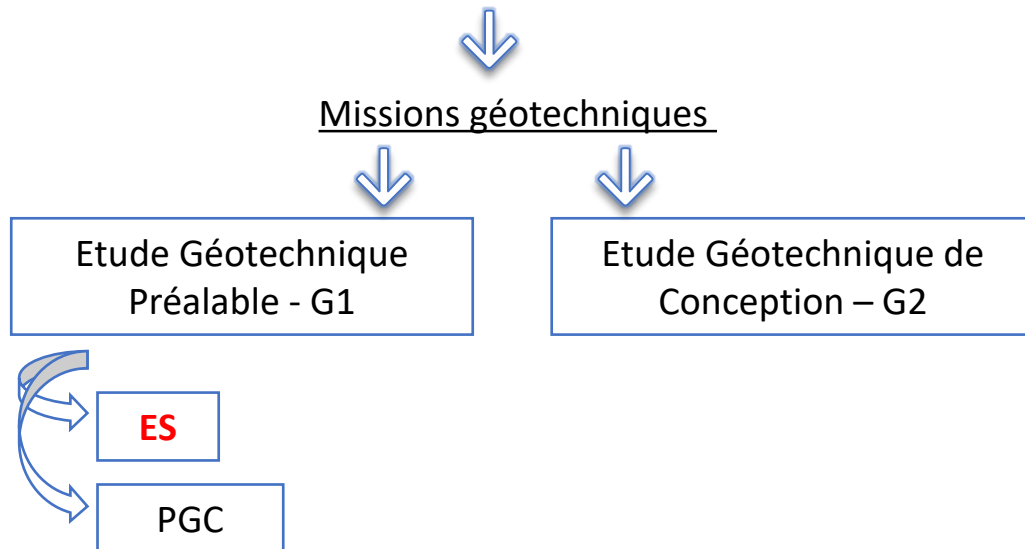
- Un rapport géotechnique : Le livrable doit contenir tous les résultats, mesures et lectures des investigations effectuées avec analyse des interprétations détaillées de ces résultats. Les rapports des investigations géotechniques réalisées par le laboratoire doivent faire l'objet d'une analyse détaillée de la part du BET.

- Un projet d'exécution des solutions de traitement : Cette partie de l'étude rentre dans le cadre de la phase **G2-PRO**, elle doit être établie à partir de toutes les données issues des autres missions.

Le livrable doit comprendre tous les éléments nécessaires pour la réalisation des travaux pour chacune des zones étudiées avec toutes les justifications de dimensionnement et de calcul nécessaires.

2. Etude de la voie express sur la RN13 entre El Hajeb et Rissani sur 381 km – Lot n°2 reliant ZAÏDA et RICH sur 108km

Etude de la voie express sur la RN13 (sur 367 km) et la RN10 (sur 14km) entre EL HAJEB et RISSANI



Passage de la RN13 (lot n°2) : falaise schisteuse quartzitique

2. Etude de la voie express sur la RN13 entre El Hajeb et Rissani sur 381 km – Lot n°2 reliant ZAÏDA et RICH sur 108km

Rapport G1-Phase ES Lot n° 2 : ZAÏDA – RICH	NF P 94-500 * Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique
<ul style="list-style-type: none"> - <u>Contexte géologique régional</u> : Géomorphologie, litho-stratigraphie et hydrogéologie ; - <u>Contexte géologique du couloir abritant le projet</u> : établi sur la base de la carte structurale du Maroc et sur des données bibliographiques générales en attente de la confirmation de ces données par des reconnaissances géotechniques adéquates ; - <u>Géotechnique des matériaux du couloir</u> : cadre général ; - <u>Impact topographique, géologique et hydrogéologique sur le tracé</u> : indications générales, mention de contraintes particulières (réseau de mines souterraines abandonnées, risques d'érosion, d'instabilité de blocs rocheux, ...) - <u>Données sismiques</u> : - <u>Annexes</u> : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schéma structural des domaines géologiques ▪ Géologie régionale du tracé ▪ Profil géologique prévisionnel ▪ Contraintes géotechniques – ravinements et sapement des cours d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Les données collectées lors de la réalisation de cette phase de la mission ; - Le modèle géologique préalable du site ; - Les zones d'implantation préférentielles et les zones à éviter, la sensibilité des sols aux tassements, l'opportunité de créer ou non des sous-sols, les risques d'instabilité de versants, l'identification des risques naturels ; - Les incertitudes et risques géotechniques qui subsistent après cette phase de la mission quant à la connaissance du site ; - Les types d'investigations envisageables pour réduire ces incertitudes et risques géotechniques.

2. Etude de la voie express sur la RN13 entre El Hajeb et Rissani sur 381 km – Lot n°2 reliant ZAÏDA et RICH sur 108km



Risque de chute de blocs (PK 479) [Extrait du Rapport du BET]

Insuffisances & Améliorations :

Identification des risques géologiques et/ou géotechniques : **très insuffisante** par rapport à la configuration du terrain et au linéaire du projet ;

→ Délimitation plus approchée des zones à risques géotechniques

→ Ajout d'esquisses et de schémas illustratifs

3. Etude des instabilités de talus entre Taddart2 et le col de Tichka sur la RN9. Mission géotechnique G5

Travaux d'amélioration du niveau de service de la RN9 reliant Marrakech et Ouarzazate

Analyse des instabilités de cinq zones du lot 1 de la RN9 entre Taddart2 et le col de Tichka et l'étude d'exécution des solutions de confortement correspondantes.

Mission G5, complétée par une reconnaissance géotechnique détaillée, sur laquelle a été basée l'étude d'exécution réalisée par la suite.



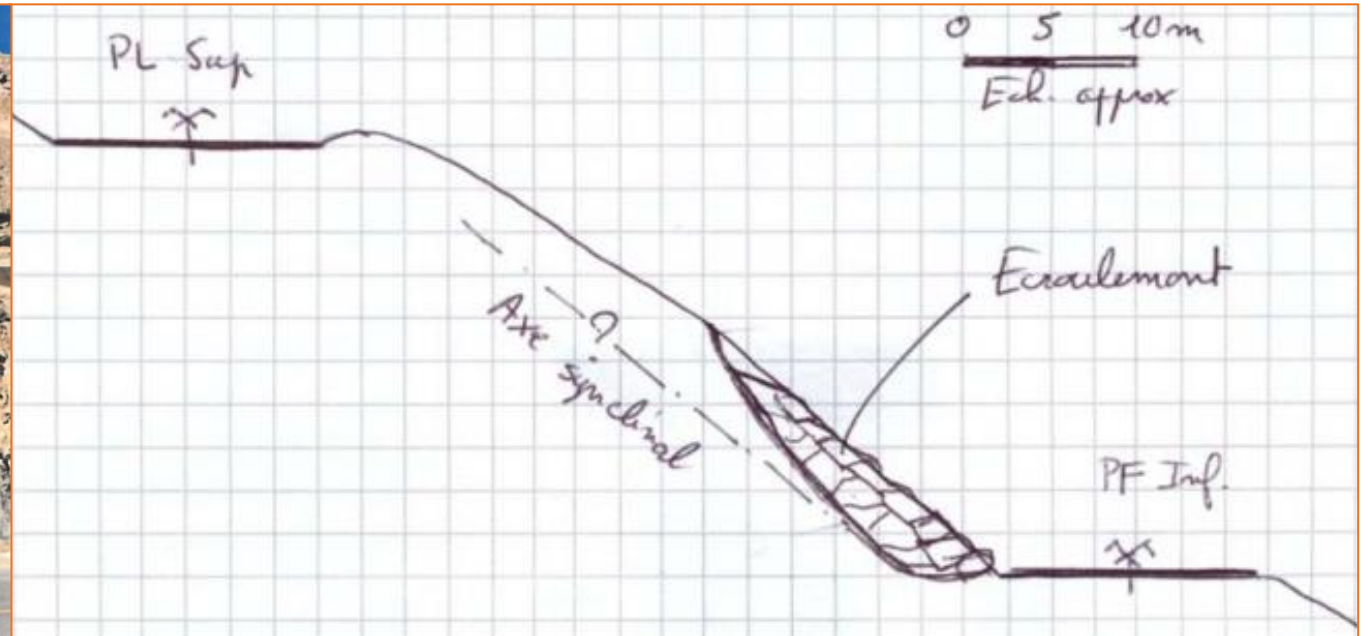
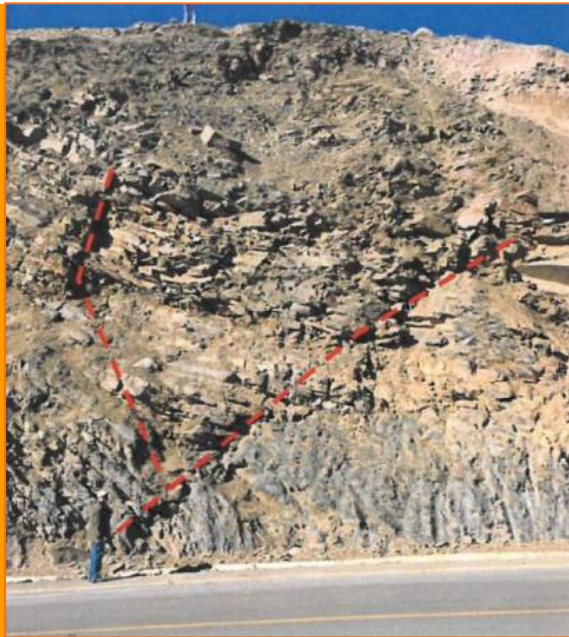
Zones d'instabilité sur le tronçon 1 de la RN9 entre Taddart2 et le col Tizi N'Tichka (sens de montée en rouge)

3. Etude des instabilités de talus entre Taddart2 et le col de Tichka sur la RN9. Mission géotechnique G5

Zone 1 – PK 338.300 à 338.400

Types d'instabilités :

- Ecoulement rocheux du talus amont de la plateforme inf.
- Hauteur de la zone écroulée ≈ 20 m



Principe de traitement :



Clouage de la plateforme inférieure associé à un béton projeté
(pour limiter les effets des précipitations)

3. Etude des instabilités de talus entre Taddart2 et le col de Tichka sur la RN9. Mission géotechnique G5

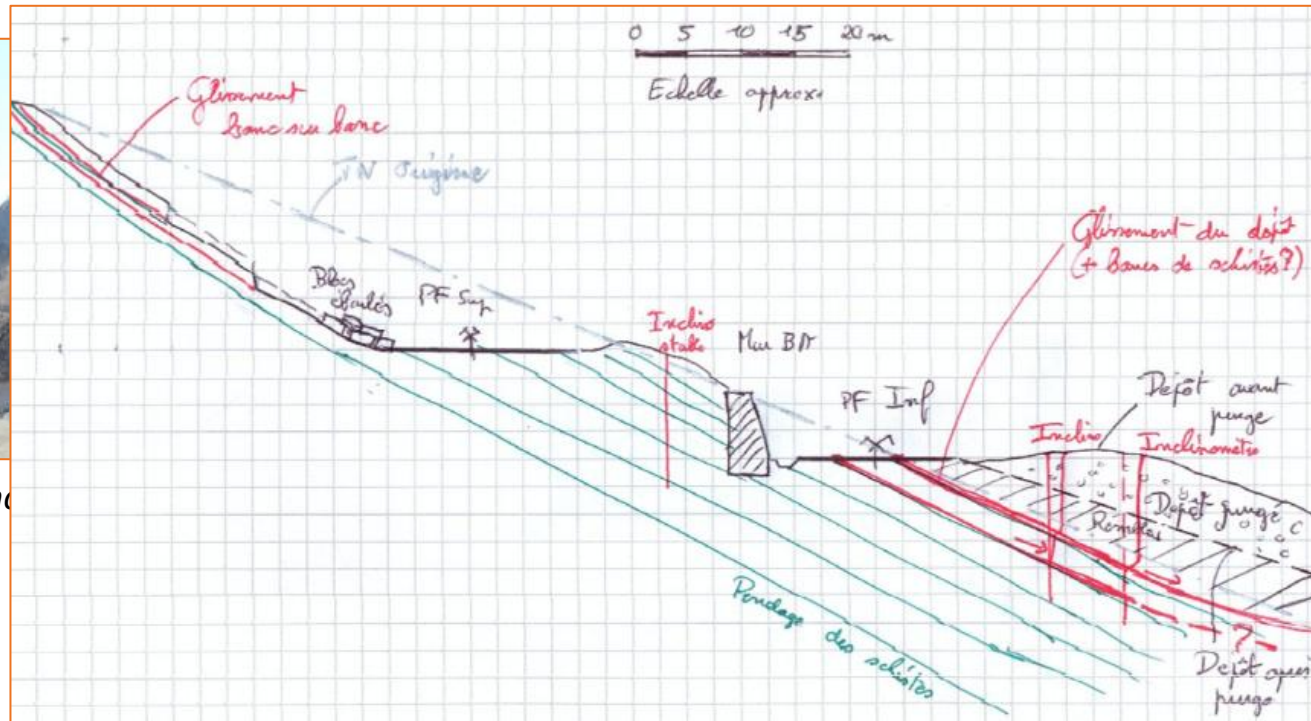
Zone 2 – PK 338.400 à 338.825

Types d'instabilités :

- Zone en lacet
- Talus amont PF sup. : glissement banc sur banc
- Glissement du talus aval de la PF inf. (surcharge importante sur un versant de forte pente)
- Déformations de la chaussée



Talus amont



rière (gauche);
ussée (droite).



Principe de traitement :



PF. Inf :
Continuer le délestage du dépôt;
Renforcement chaussée par géogrilles + drainage soigné

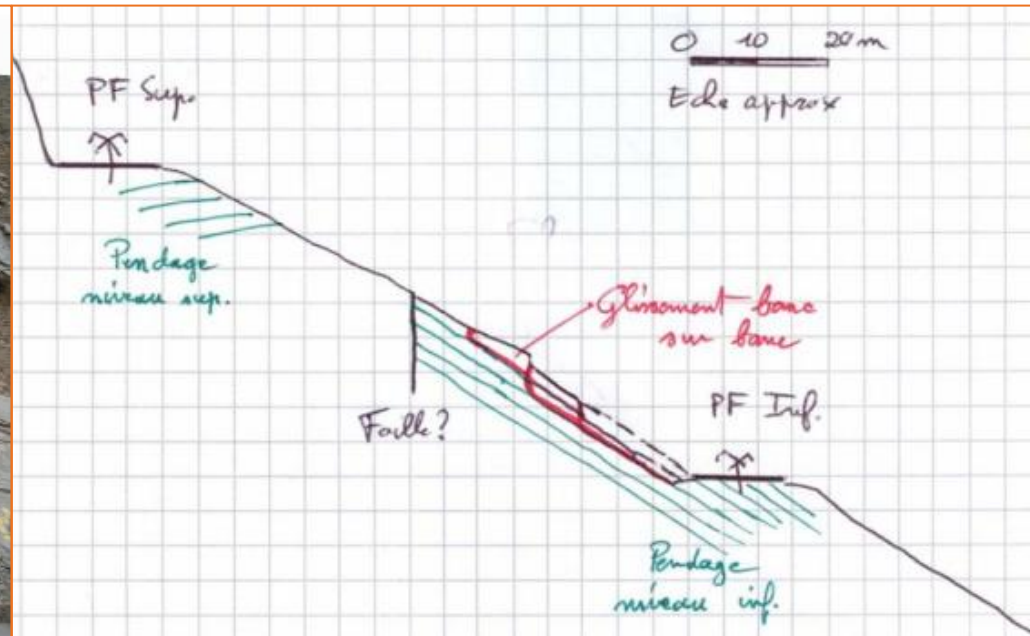
PF. Sup :
Clouage du déblai **ou** Terrassement (variante retenue)

3. Etude des instabilités de talus entre Taddart2 et le col de Tichka sur la RN9. Mission géotechnique G5

Zone 3 – PK 340.546

Types d'instabilités :

- $L = 45 \text{ m}$
- Glissement banc sur banc (talus amont de la PF inférieure)
- Hauteur $\approx 20 \text{ m}$



Principe de traitement :



Clouage du talus amont de la PF inférieure associé à un béton projeté de protection

- ❑ L'étude de la VE TAZA – ALHOCEIMA : Etude sans missions géotechniques → Beaucoup de problèmes d'instabilités au cours des travaux et d'exploitation ;
- ❑ Les exemples présentés sont les premiers cas de projets d'application de la norme NF P94-500
 - Difficultés de démarrage ;
 - Rédaction de termes des cahiers de charge à détailler ;
 - Amélioration des livrables des BET.
- ❑ **Recommandations :**
 - La nécessité d'accompagnement de l'équipe par des experts qui doivent intervenir tout au long de l'étude et non seulement au stade des études préalables ;
 - Le niveau de détail de l'étude en termes de données collectées, des risques identifiés et leurs interactions avec l'ouvrage projeté doit être amélioré afin de les maîtriser ;
 - Pour la réussite de cette application, il est nécessaire d'assurer une certaine synchronisation d'une part entre les différentes phases effectives de conception générale de l'ouvrage avec les missions géotechniques, et d'autre part, entre les différentes phases des missions géotechniques elles-mêmes ;
 - L'importance de généraliser l'application des missions géotechniques dans les projets routiers, néanmoins ceci nécessite la contribution et l'engagement de toutes les parties prenantes.

تحت الرعاية السامية لحاحب الجلالة الملك محمد السادس
ⵓⵙ ⵏ ⵙⵓⵔ ⵏ ⵙⵓⵔ ⵏ ⵙⵓⵔ ⵏ ⵙⵓⵔ
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI

11^{ème} المؤتمر الوطني للطرق
ⵓⵎⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵎⵓⵔ ⵏ ⵓⵎⵎⵓⵔ
Congrès National de la Route

MERCI

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure
routière dans le nouveau modèle
de développement économique
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

10 / 12
نوفمبر NOV
DAKHLA 2022

الداخلة
DAKHLA