
Stabilisation du déblai 15 de l'autoroute Marrakech – Agadir

Mlle Hanane BENGUEBOUR, M Abdeslam DEBBARH

benguebour.hanane@adm.co.ma

debbbarh.abdeslam@adm.co.ma

RÉSUMÉ. Le déblai 15 est un ouvrage à caractère particulier qui a subi plusieurs types de ruptures et d'instabilités aussi bien au cours des travaux qu'après la mise en service de l'autoroute. Face à ces phénomènes d'instabilité qui menacent la sécurité des individus et celle de l'ouvrage, beaucoup de moyens ont été déployés pour le stabiliser. L'auscultation du déblai ainsi que la mise en place de l'instrumentation adaptée ont permis de définir les zones instables, de déterminer les masses en mouvement et d'identifier des solutions de confortement aux différents désordres survenus.

ABSTRACT.

The cut 15 is a special structure that has undergone several types of fractures and instabilities both during construction and after the opening of the motorway. Due to these instabilities that jeopardise the security of individuals and infrastructures, many resources have been deployed to stabilize it. Auscultation of the cut and the establishment of appropriate instrumentation helped define unstable areas, determine the masses in motion and identify reinforcement solutions for different occurring disorders.

MOTS-CLÉS : Déblai rocheux – Glissement – Galeries – Parades – Barrières dynamiques.

KEY WORDS: Rock excavation – landslide – rockfall – galleries – protection barriers

1. Descriptif de l'ouvrage

Le déblai 15 est situé au niveau du Pk 350 de l'autoroute Marrakech – Agadir, à 25 Km au Sud du tunnel Zaouit Ait Mallal, au niveau de la zone appelée Foum Jrana. Il s'étend sur 1200 m et atteint une hauteur de 110 m dans les sections montagneuses du Haut Atlas.

C'est un déblai qui fait environ $3,5 \cdot 10^6$ m³ dans un terrain principalement rocheux constitué de matériaux gréseux alterné avec des bancs de Siltstones rougeâtres localement désagrégés et qui a connu des instabilités assez importantes durant les travaux, ce qui a imposé la rectification du tracé autoroutier initial. D'autres désordres ont survenu au cours de l'exploitation de l'ouvrage.

Le déblai D15 a été projeté avec des risbermes de 5 m de largeur tous les 10 m de hauteur et une pente de talus d'excavation de 1H:2V.

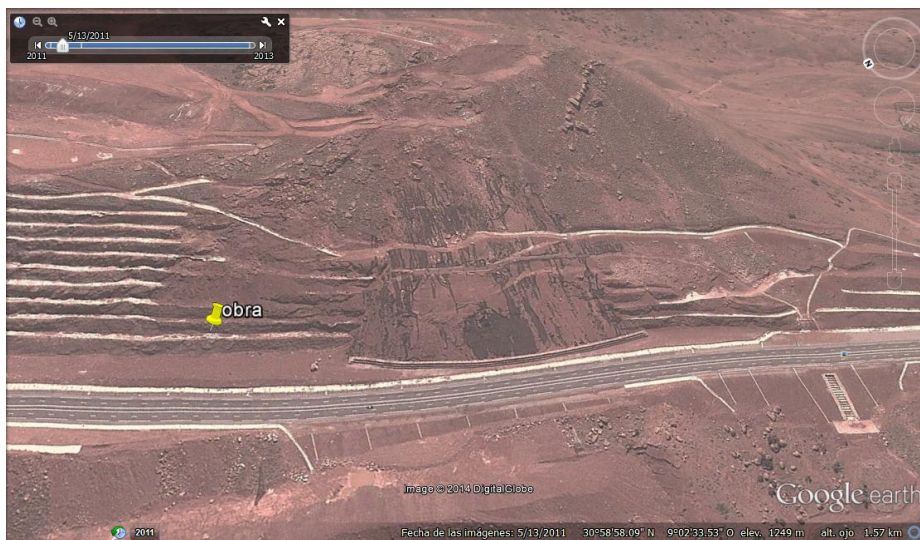


Figure 1 *Vue aérienne de la zone de déblai*

Les expertises réalisées pendant la période des travaux (mars 2010), ont permis de distinguer deux grandes zones, selon le mécanisme du glissement ainsi que la taille des masses instables :

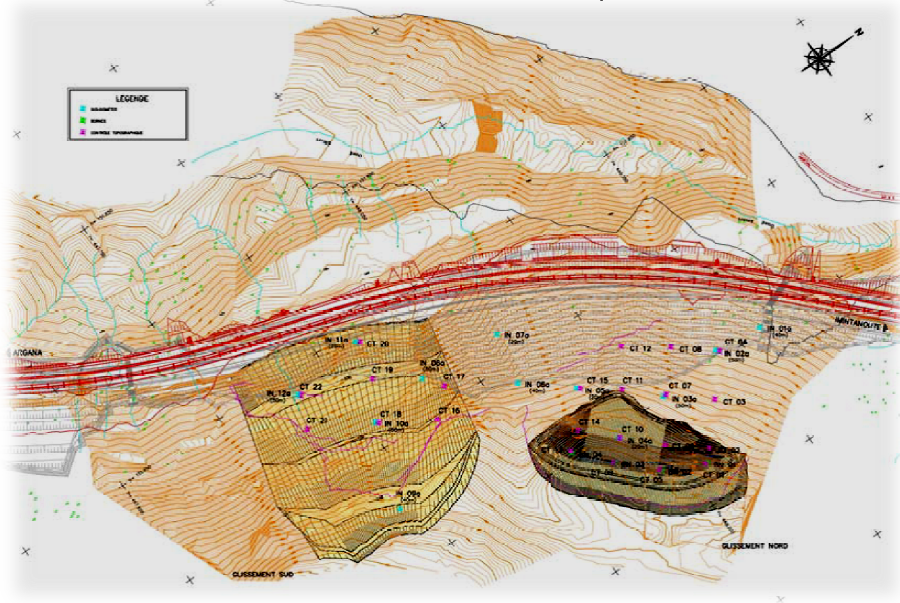


Figure 2 : *Vue en plan du D15*

- La zone Nord : constituée d'une alternance de grès de siltstones et d'argilites et caractérisée par une ligne de glissement en crête.
- La zone Sud : constituée d'éboulis d'épaisseur importante et reposant sur les mêmes formations que la zone nord, elle était le siège de glissements plans des terrains superficiels. Aucun signe d'instabilité profonde n'a été détecté au niveau de cette zone.

Après la mise en service et pendant la phase d'exploitation, le déblai a été scindé en quatre parties selon le type de désordre enregistré et le type de traitement opéré :

1. Zone extrême Nord (petit D15) ;
2. Zone Nord ;
3. Zone intermédiaire ;
4. zone Sud ;

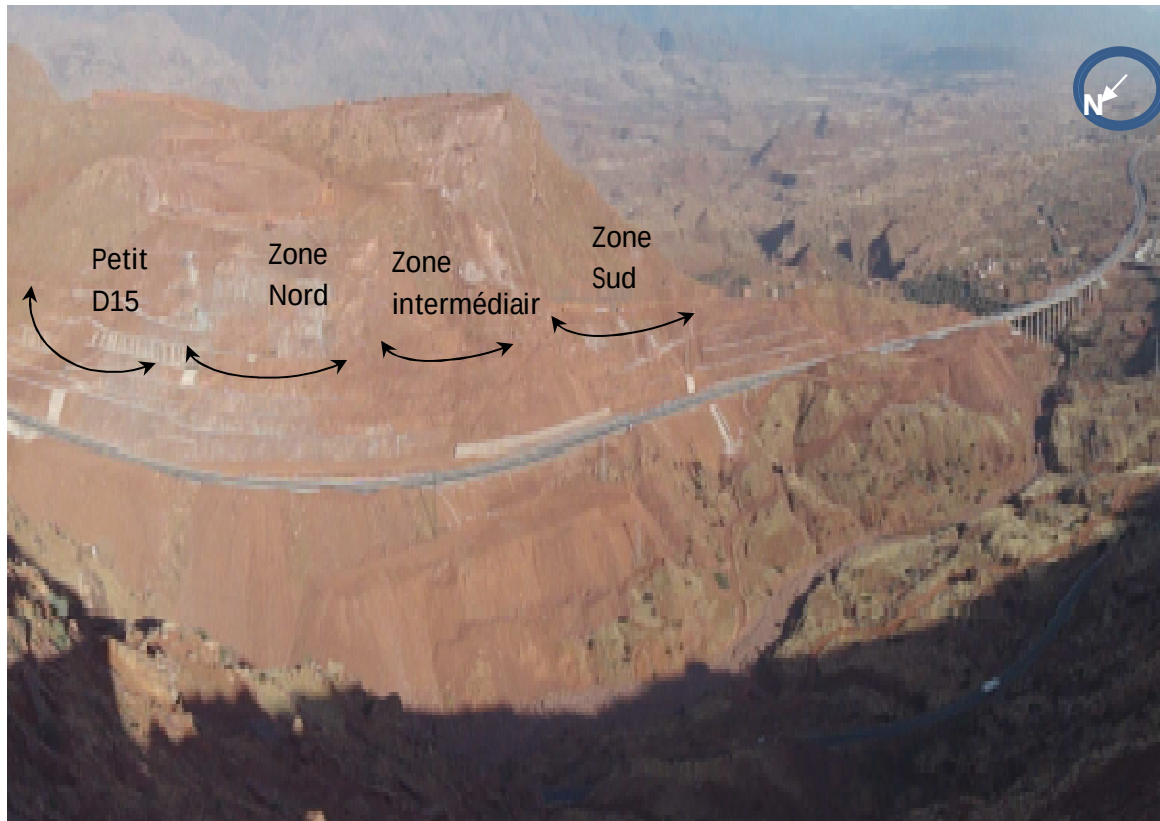
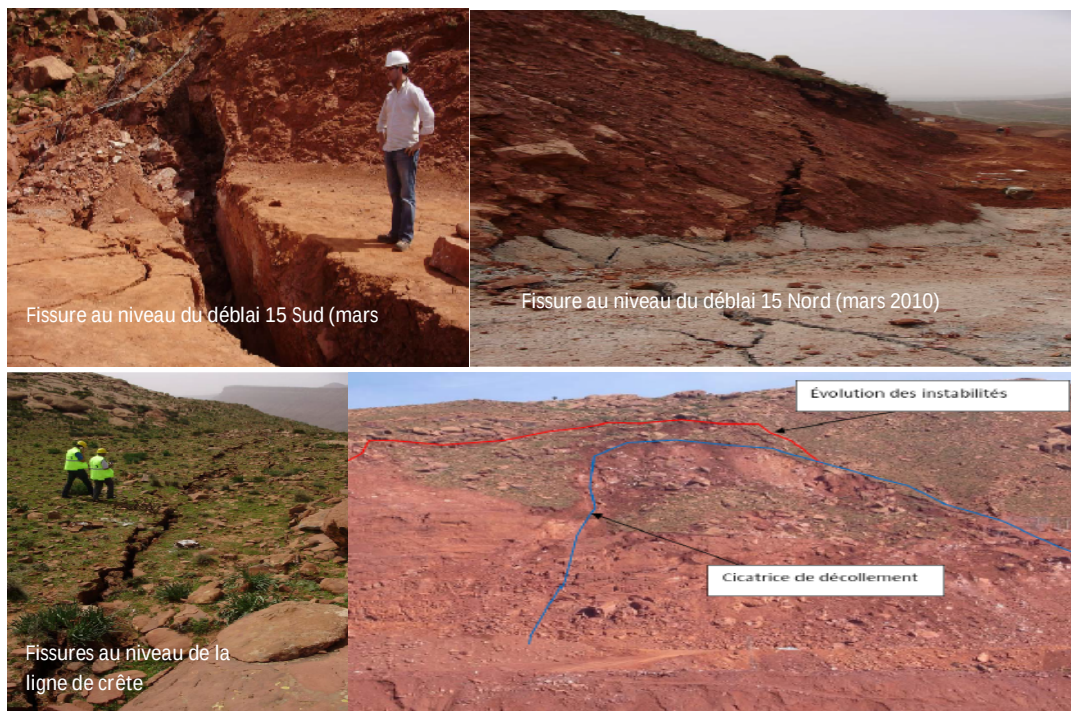


Figure 3 : *Vue par satellite de la zone du déblai 15*

2. Rappel des désordres constatés pendant les travaux

Fin décembre 2009 : Des petits éboulements se sont produits au niveau des bermes réalisées jusque-là à la zone Nord.

- 15 mars 2010 : Détection de fissures importantes à la zone Nord, au niveau des risbermes talus d'excavation et derrière la ligne de couronnement du déblai.
- Fin mars 2010 : Rupture de la partie Sud du déblai D15, effondrement des deux risbermes supérieures. (Cette rupture a provoqué l'empiètement de la masse instable sur le tracé prévu à l'origine, ce qui a engendré le décalage du tracé vers l'Ouest, afin de préserver la masse instable).

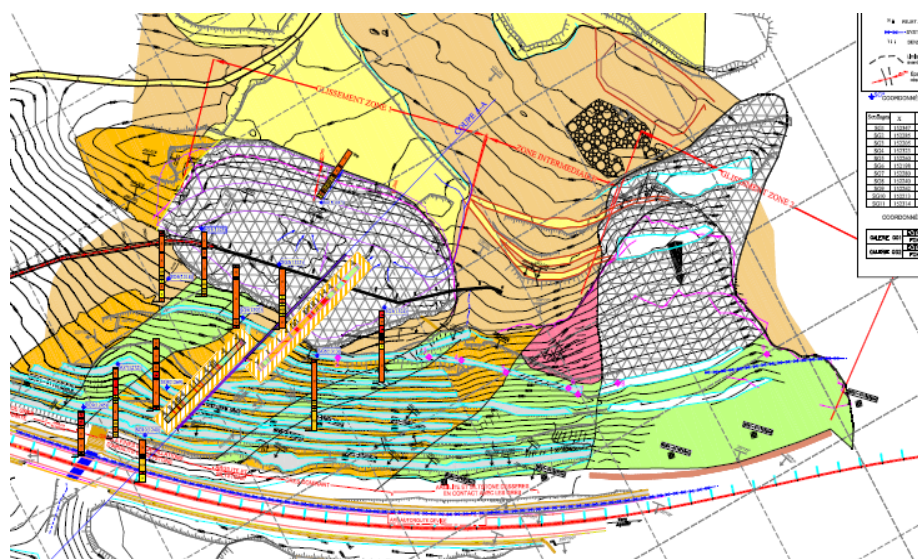


Pour mieux apprécier le comportement du talus et proposer les solutions de confortements adéquats, plusieurs types d'investigations ont été menés, notamment :

Le relevé topographique et géologique détaillé de la zone ;

Et l'auscultation du déblai par la mise en place de l'instrumentation adaptée afin de suivre le mouvement du talus. Notamment l'installation d'inclinomètres, la mise en place de piquets et de fissuromètres

L'analyse et l'interprétation des résultats de ces investigations ont permis de connaître la stratigraphie des différentes couches et d'identifier les masses en mouvement afin d'en proposer le confortement qui s'y adapte.

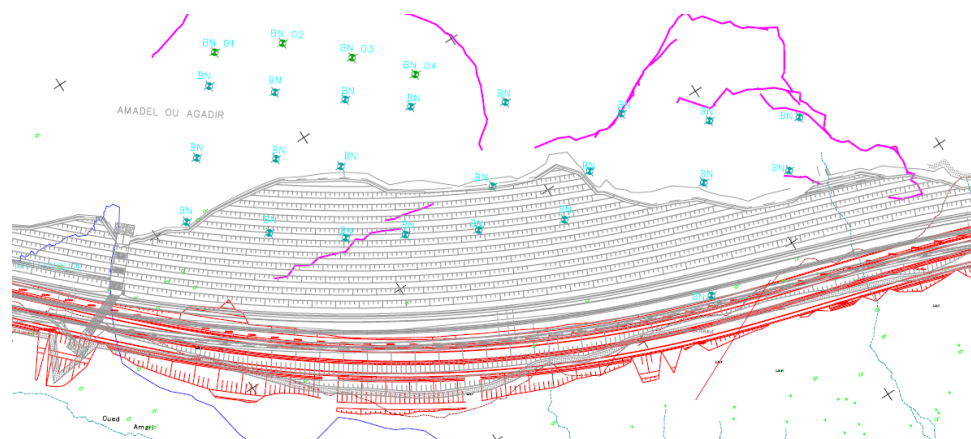


Implantation des inclinomètres

3. Pathologies constatées pendant l'exploitation :

Après la mise en service de l'autoroute, les investigations suivantes ont été réalisées :

- Renforcement de l'instrumentation en place par de nouveaux inclinomètres, en nombre de 6 et bornes topographiques,
- Réalisation de 11 sondages carottés au niveau de la zone nord ;
- Creusement de deux galeries de reconnaissances pour mieux apprécier la fracturation et tectonique à l'intérieur du massif. De longueurs égales à 100 et 130ml, ces galeries ont une hauteur de 2 m, une largeur de 1m et une pente de l'ordre de 1%.

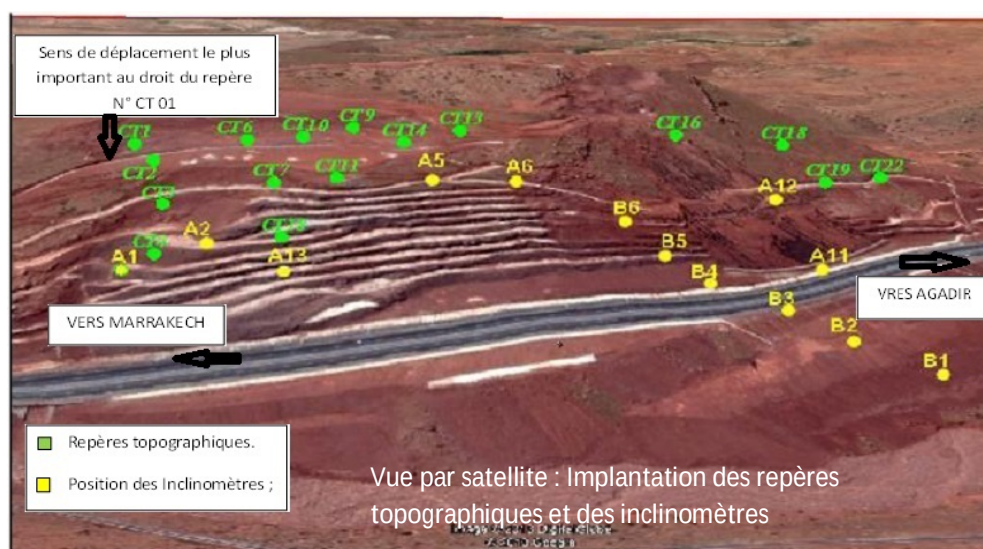


Implantation des sondages carottés

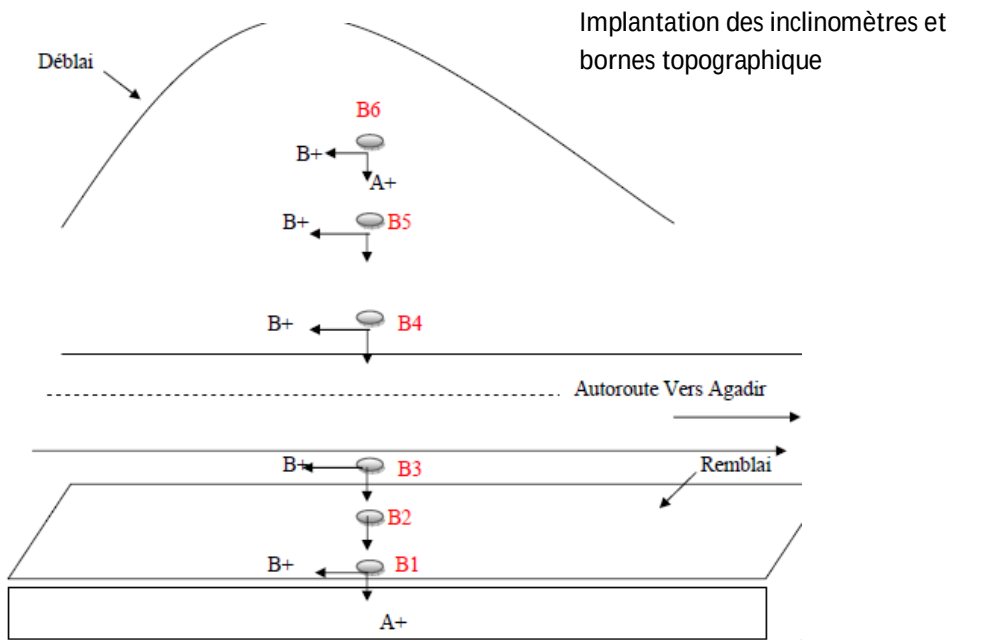
Les résultats des sondages ainsi que les essais réalisés sur les carottes, ont montré que 65% du massif nord est constitué de grès à faible densité de fracturation.

Les galeries de reconnaissances ont permis de mettre en évidence les failles et les fractures avec leur orientation.

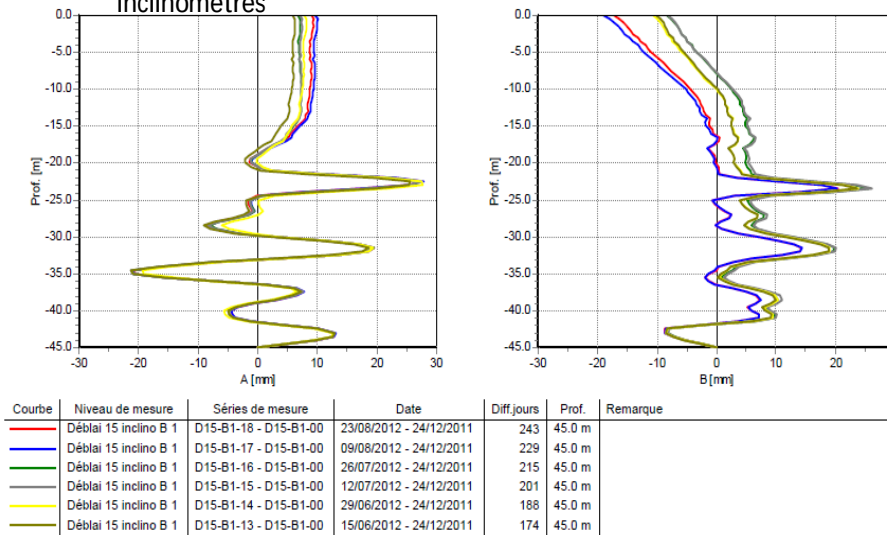
Les suivis inclinométriques montrent des déplacements faibles des anciens inclinomètres (atteignant un maximum de 6cm au niveau d'un seul inclinomètre) à légèrement élevés (atteignant 9cm) pour les 6 nouveaux inclinomètres (B1 à B6) qui se sont stabilisés vers la fin de l'année 2012.



Vue par satellite : Implantation des repères topographiques et des inclinomètres

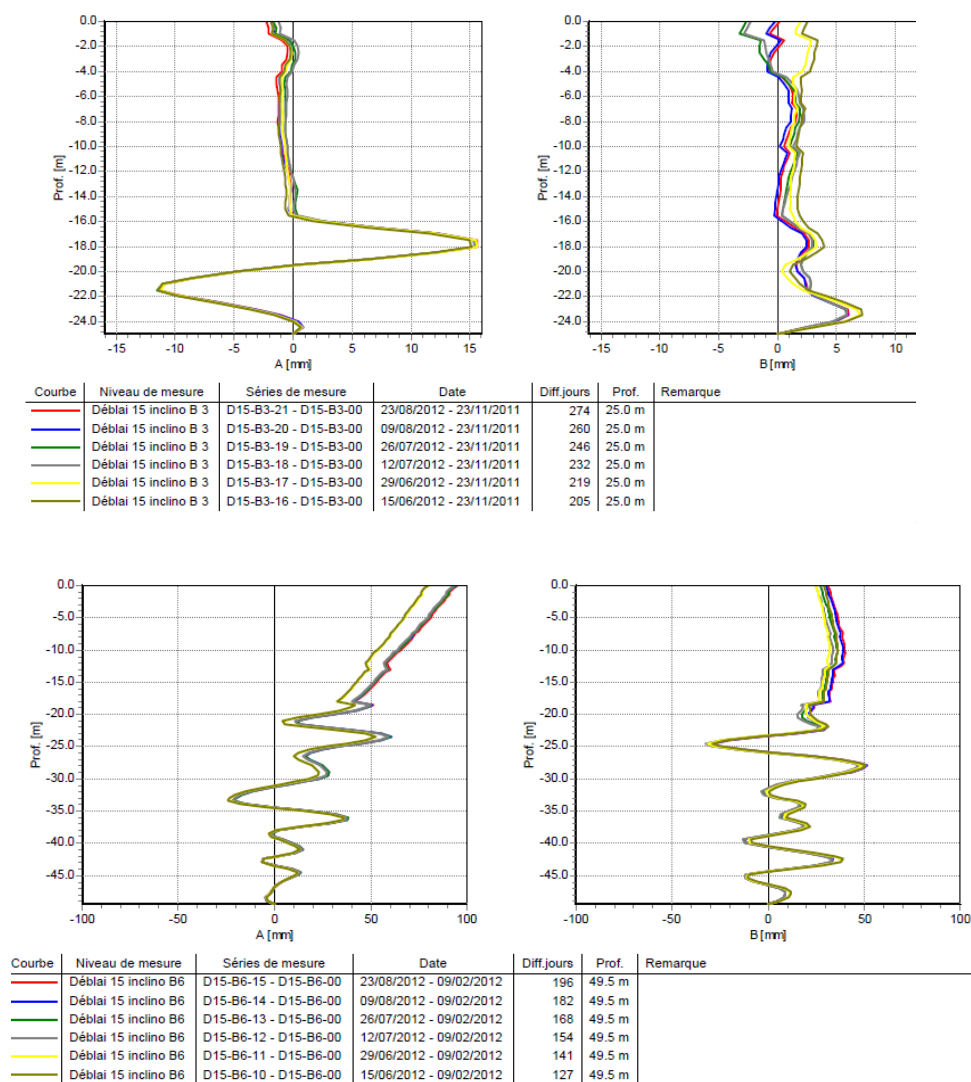


Croquis de l'implantation des nouveaux inclinomètres



Courbe	Niveau de mesure	Séries de mesure	Date	Diff jours	Prof.	Remarque
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-18 - D15-B1-00	23/08/2012 - 24/12/2011	243	45.0 m	
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-17 - D15-B1-00	09/08/2012 - 24/12/2011	229	45.0 m	
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-16 - D15-B1-00	26/07/2012 - 24/12/2011	215	45.0 m	
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-15 - D15-B1-00	12/07/2012 - 24/12/2011	201	45.0 m	
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-14 - D15-B1-00	29/06/2012 - 24/12/2011	188	45.0 m	
	Déblai 15 inclino B 1	D15-B1-13 - D15-B1-00	15/06/2012 - 24/12/2011	174	45.0 m	

Rock Slope Stability 2014, Marrakech - Maroc, 2 au 4 Avril 2014
Stabilisation du déblai 15 de l'autoroute Marrakech - Agadir



Quelques résultats des suivis des inclinomètres implantés après travaux

Les investigations ci-dessus ainsi que l'inspection visuelle du talus ont montré que le déblai 15 ne fait pas l'objet de mouvements profonds et qu'il y a lieu de mettre en place des confortements assurant la stabilité du déblai à long termes, notamment après l'apparition des désordres suivants:

- Glissement au niveau de la zone d'extrême Nord (petit D15) ;
- Chute de blocs au niveau de la zone intermédiaire (non couverte par la parade) ;
- Evolution de l'instabilité, éboulements massifs de la zone intermédiaire entre le glissement Nord et le glissement Sud ;
- Dislocation de certains gros blocs;
- Accentuation des cavités au niveau de la tête du déblai ;
- Quelques éboulements dans les galeries au niveau de l'endroit de la faille ;
- Affaissements et ondulation de la chaussée;

Exemples de désordres constatés :



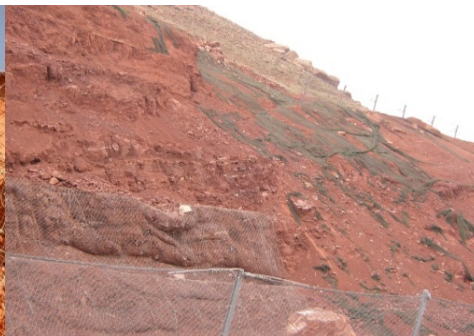
Fin décembre 2010 : Chute d'un gros bloc au niveau de la zone d'extrême Nord (petit D15) ;



Tête du décollement : Clôture en porte à faux



Dislocation de blocs de gré sous le grillage



Effritement de la Siltstone sous le grillage et formation de ventres



Début mai 2011 : Chute d'un gros bloc au niveau de la zone intermédiaire (non couverte par la parade) ;



4. Solutions apportées:

4.1. Aperçu des solutions adoptées au moment des travaux :

Au moment des travaux, les solutions apportées consistaient principalement en ce qui suit :

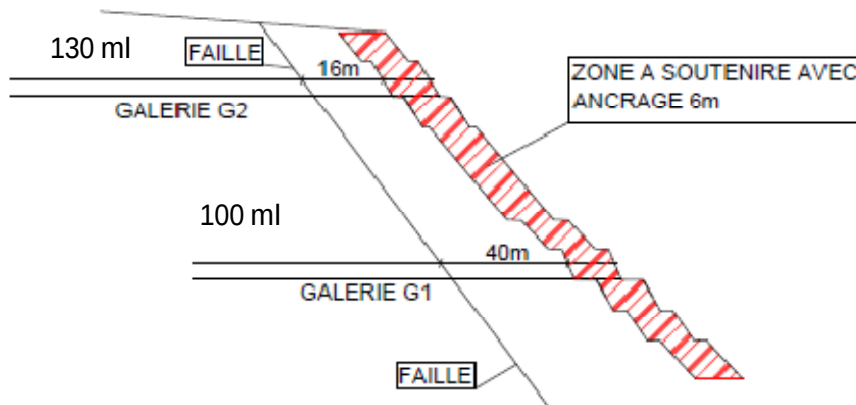
- Déviation du tracé de l'autoroute (au cours des travaux de construction) ;
- Excavation de la partie supérieure du déblai ;
- Grillage torsadé (2 nappes) + un maillage de câbles au niveau de la zone Nord ;
- Mur en gabions en bas de la zone Sud ;
- Installation de deux rangées de barrière dynamique (de type Geo BX-2000) ;



4.2. Solutions adoptées pendant l'exploitation :

Au cours de l'exploitation, outre le suivi régulier de l'ouvrage, les travaux entrepris pour stabiliser les désordres consistent en ce qui suit :

- Clouage au niveau du petit D15 ;
- Béton projeté au niveau de la zone Nord ;
- Confortement de la vallée de oued Amezri ;
- Modelage de la zone en haut du déblai 15 ;
- Prolongement du mur en gabions ;
- A titre d'exploration complémentaire, la mise à niveau des galeries de reconnaissance ;



a) *Clouage du petit D15 :*

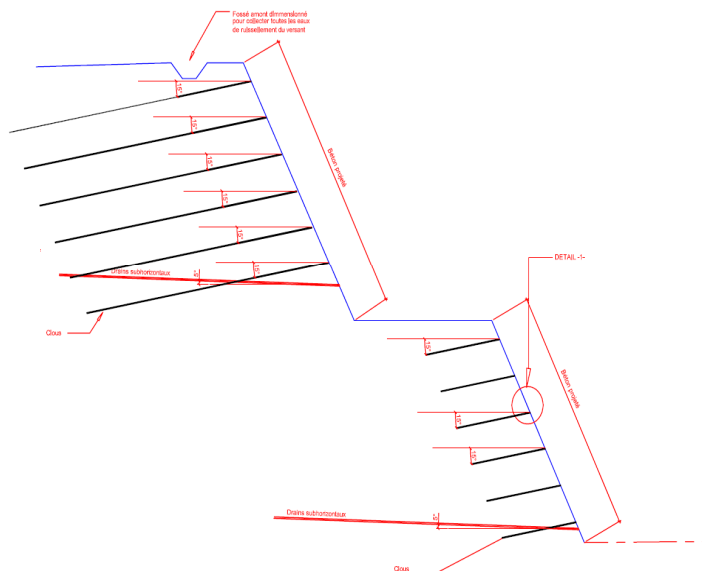
La solution adoptée pour le confortement du petit déblai 15 est explicitée ci-dessous :

- Forage de diamètre 110 mm et de longueur de 12 à 16 ml, inclinés de -15° pour les ancrages ainsi que des trous de drains subhorizontaux DN 90 mm et de longueur de 14 et 18 ml, inclinés de $+5^\circ$;
- Barres passives de diamètre 32 mm, selon une maille de 1,50x 1,50 m ;
- Mise en place de complexe drainant à l'interface béton projeté/terrain ;
- Réalisation du béton projeté sur une épaisseur de 20 cm avec deux nappes de treillis soudés ;
- Bétonnage des risbermes ;

Ci-dessous les chiffres clés de ce déblai :

- ✓ Longueur des parois clouées : 184 ml ;
- ✓ Surface de parois clouées : 4400 m² ;
- ✓ Nombre d'ancrages total : 1800 ;
- ✓ Quantité béton projeté : 4400 m² ;

DEBLAI AVEC MUR CLOUE

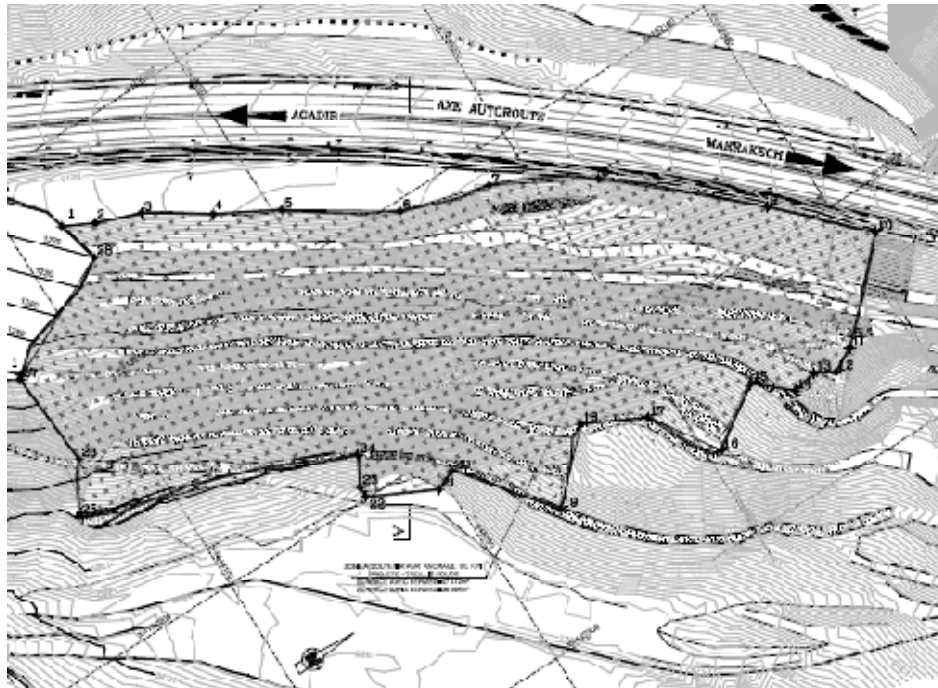


b) Béton projeté au niveau de la zone Nord

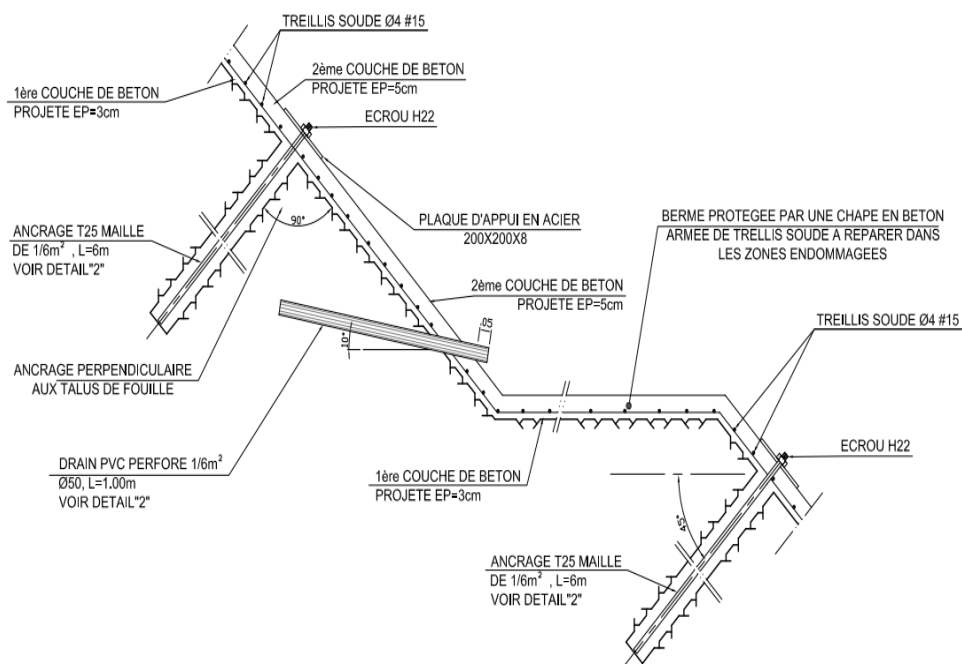
La solution préconisée pour la zone Nord zone est le point le plus consistant, ainsi la solution adoptée consiste en ce qui suit :

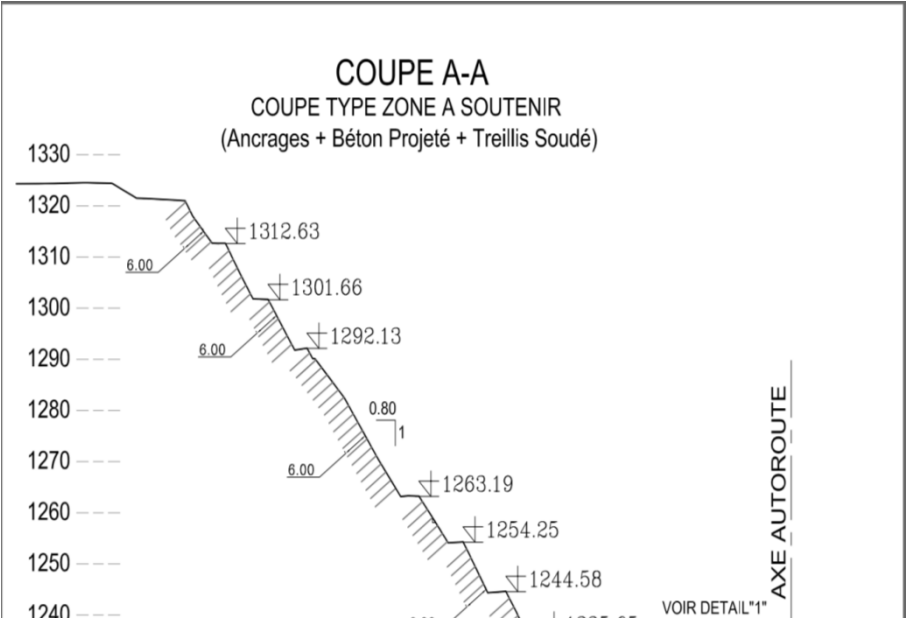
- Enlèvement de la protection existante constitué de : câbles doubles torsions et du grillage ;
- Forage de diamètre 110 mm d'une longueur de 6 ml perpendiculaires au talus du déblai et armatures passives de diamètre 25 mm, selon une maille de 3x2m ;
- Réalisation du béton projeté en deux couches de 5 +3 cm avec la mise en place de treillis soudés ;

Solution non encore exécutée étant donnée la stabilité du traitement grillage + câbles torsadés. Pour l'instant on s'est contenté de vider les ventres des grillages qui se sont emplis de matériaux effrités.



DETAIL "1"





c) Confortement de la vallée de oued Amezri ;

La solution adoptée consiste en ce qui suit :

- Talutage du remblai de l'autoroute ;
- Réalisation d'une protection en enrochement des talus des déblais et du remblai ;
- Réalisation d'une banquette de 10 m pour constituer une butée au niveau du profil mixte;

d) Modelage de la zone en haut du déblai 15 ;

L'objectif du traitement de cette zone est d'éviter d'avoir des points de stagnation d'eau et par la suite son infiltration au déblai accélérant ainsi son instabilité. Cet aménagement consiste en ce qui suit :

- Eliminer toute dépression ou creux susceptible de piéger l'eau ;
- Assurer une pente minimale vers le fossé de 5% côté couronne de déblai et de 2% côté montagne ;
- Prolonger le fossé existant pour drainer efficacement les eaux de pluie ;

e) Prolongement du mur en gabions ;

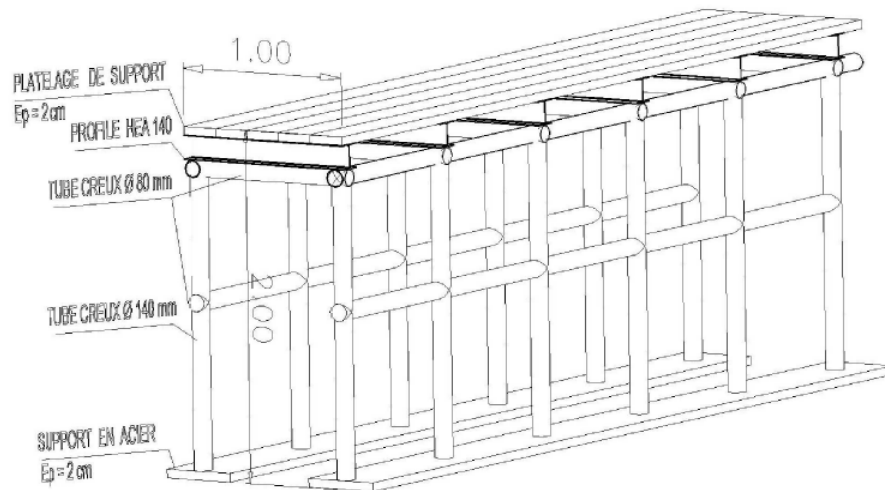
En continuité du mur existant afin de couvrir toute la zone intermédiaire et pour la protection des usagers de l'autoroute contre les chutes sur une longueur d'environ 250 m, une hauteur de 6 m et un ancrage au sol de 0,50 m.



f) Blindage des galeries et bétonnage de leurs radiers.

Pour pouvoir accéder avec plus de sécurité aux galeries de visite afin de constater l'évolution des failles au niveau du déblai 15, nous avons changé le soutènement existant en bois par un blindage métallique sur toute la longueur des galeries. De plus les mesures suivantes ont été prises pour viabiliser les galeries :

- Couverture du haut de la galerie à l'aide d'un platelage métallique d'épaisseur 2 cm, incluant une grille pour laisser la visibilité et permettre la surveillance des parois ;
- Réalisation d'un radier généralisé, penté vers l'extérieur ;
- Aménagement de portes blindées pour sécuriser l'accès des galeries.



5. Conclusion :

Le déblai 15 est un ouvrage particulier qui a mobilisé beaucoup de moyens pour surmonter les difficultés liées à sa stabilisation. Les solutions réalisées et en cours d'exécution ont permis de maîtriser les évolutions préjudiciables au maintien de la circulation. Cependant le suivi de cet ouvrage après traitement, devra continuer sur une durée minimale de 5 ans comme défini dans les procédures de gestion des grands déblais (SGE) et notamment à travers les inclinomètres, les repères topographique et les visites périodiques. De même en parallèle à la nécessité de surveiller et maintenir les infrastructures de protection du talus réalisées, le problème de vandalisme des équipements métalliques reste posé.

6. Bibliographie

- Examen de la stabilité du déblai 15, soutènement définitif, réalisée par Novec pour le compte d'ADM, juillet 2012.
- Etude de stabilisation du déblai 15 réalisée par Eurogeotecnica pour le compte d'ADM, juin 2010.