

L'UTILISATION DES MATERIAUX
LOCAUX EN ARASE ET COUCHE
DE FORME

F. BEN AKK

Le projet de construction de l'autoroute Rabat-Larache comportait la mise en oeuvre d'une couche de forme à l'interface de la partie supérieure des terrassements et de la chaussée.

Cette couche de forme permet d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées de l'arase de la plate-forme des terrassements aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques prises comme hypothèses dans la conception de la chaussée et de réaliser ainsi une structure de chaussée uniforme sur un même tronçon autoroutier.

Les matériaux provenant des déblais ne répondent pas aux spécifications exigées par le projet, il a été envisagé de recourir à un traitement au ciment. Les résultats de laboratoire furent décevants.

Aussi a-t-il fallu recourir à des emprunts qui, pour le tronçon Rabat- Kénitra, furent soit des grès dunaire de Bouknadel, soit des alluvions de l'Oued Bouregreg, soit des graves du villafranchien de Tiflet.

Ces matériaux permirent d'obtenir des portances de 1000 bars correspondant à la classe PF2 suivant la classification du Guide pour les Terrassements Routiers (SETRA - LCPC). Il a été ainsi possible d'optimiser la structure de base de la chaussée initialement prévue en réduisant l'épaisseur des couches bitumineuses de 4 cm.

Le guide technique du SETRA pour la réalisation des remblais et des couches de forme définit ainsi la couche de forme :

"La couche de forme est une structure plus ou moins complexe permettant d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception de la chaussée".

Elle répond à la fois à des objectifs de court terme (phase travaux) et de long terme (lorsque l'ouvrage est en service).

Dans le cas des travaux de l'autoroute Rabat - Larache, on a assigné à la couche de forme les fonctions suivantes :

- Assurer la traficabilité permanente des engins approvisionnant les matériaux de la couche de fondation.

- Permettre le compactage efficace des différentes couches de chaussée (effet d'enclume) ;
- Satisfaire les exigences de nivellement de la plateforme support de la chaussée ;
- Protéger l'arase des terrassements vis à vis des agents climatiques dans l'attente de la réalisation de la chaussée.

Les dispositions contractuelles prévoyaient sur le Tronçon Rabat-Kénitra-sud la réalisation d'une couche de forme biseautée d'épaisseur variable de 30 à 40cm de la bande dérasée de gauche (BDG) à la bande d'arrêt d'urgence (BAU).

Les spécifications exigées étaient les suivantes :

- module "EV2" à la plaque supérieur ou égal à 800 bars avec un rapport EV2/EV1 inférieur ou égal à 1,8;
- déflexion à la poutre Benkelman inférieure ou égale à 150/100 ème de mm.

Cette couche de forme servait d'assise à une chaussée souple constituée:

- d'une couche de fondation en grave non traitée de 20cm d'épaisseur;
- une couche de base en grave bitume (GBB) de 12 cm d'épaisseur;
- une couche de roulement en béton bitumineux de 6 cm d'épaisseur.

LES RESSOURCES EN MATERIAUX

La campagne géotechnique faite avant le commencement des travaux a été complétée par l'Entreprise par des sondages de reconnaissance effectués à la pelle avec identification des différentes natures de matériaux rencontrés.

Ceci a permis d'estimer pour chaque butte de déblai les pourcentages des différentes natures de matériaux. On trouve ainsi :

- des sables mal gradués (Sm) constituant environ 10% des déblais;
- des sables fins (SmSL) constituant environ 25% des déblais;
- des sables limoneux (SL) constituant environ 35% des déblais;
- des sables grésifiés constituant environ 2% des déblais;
- des sables argileux (SA) constituant environ 20% des déblais;
- des argiles peu plastiques (Ap) constituant environ 6% des déblais;
- des argiles très plastiques (At) constituant environ 2% des déblais.

Les sols des classes SmSL et Sm n'ont pu être différenciés sur le terrain car les sols rencontrés sont très voisins de la limite théorique (5% de fines) qui sépare ces deux familles. Dans la pratique, ils ont des comportements suffisamment voisins pour que l'on ait pu les regrouper sur ce chantier au sein d'une même famille. Il s'est avéré que ces sols sont très difficiles à compacter et d'une très mauvaise traficabilité. La seule façon d'obtenir la compacité requise de la couche est de les compacter au travers de la couche qui leur est immédiatement supérieure. Cette technique a permis de réaliser sans trop de problèmes les corps de remblai, mais a conduit à compacter l'arase au travers de la couche de forme.

Les sols SL ne posent pas de grandes difficultés de mise en oeuvre et les prescriptions de l'étude géotechnique ont été appliquées.

Les sables grésifiés sont relativement peu présents sur le tronçon Rabat-Kénitra et ont été rencontrés plutôt en fond de déblais et dans les déblais des PK39 et PK40. Ce sont de très bons matériaux pour faire des remblais et même des couches de forme. Il n'a donc pas été prévu de couche de forme dans les zones où l'arase se situait dans ces matériaux (déblais de PK39).

Compte tenu de l'importante quantité des sols SA trouvée sur de longues sections du tracé, il a été jugé que leur utilisation en arase allait permettre d'éviter des surcoûts au projet notamment en matière de distance de transport et de volume de purges, surtout que les matériaux corrects de substitution n'étaient pas disponibles en quantité suffisante sur le tronçon Rabat-Kénitra. Les essais faits sur ce matériau ont été un encouragement à l'utiliser sans crainte.

En effet, ce matériau demande un compactage intense, mais conduit à des densités et des portances très bonnes (90 à 100% de l'OPM, EV2 de 800 à 1800 bars avec k inférieur à 1,5). Le risque n'était que de voir ces bonnes caractéristiques se dégrader (gonflement, portance) si des infiltrations se produisaient. Dans le cas de ces sols SA, les essais qui ont été exécutés montrent que les CBR après immersion à 4 jours restent supérieurs à 14, ce qui est tout à fait convenable. Ceci est d'ailleurs concordant avec les valeurs au bleu qui sont assez faibles (VB inférieur à 2,2). Elles traduisent un comportement plus limoneux qu'argileux et donc moins sujet à une diminution des caractéristiques mécaniques après immersion.

LA CONSTITUTION DE L'ARASE DES TERRASSEMENTS

En se basant sur les éléments développés ci-contre, les règles adoptées pour la réutilisation des déblais en remblais ont été les suivantes:

- les sables argileux ont été utilisés dans les corps de remblai, en arase des remblais et pour des purges supérieures à 30cm en arase des déblais;
- les sables fins (SmSL) ont fait l'objet d'une technique spécifique de compactage en particulier pour l'arase des terrassements consistant à la compacter au travers de la couche de forme et à procéder à un contrôle de compacité en profondeur;
- les argiles plastiques et très plastiques ont été exclues des arases, ce qui a conduit à réaliser des purges de 70cm pour leur substituer 40cm de sable argileux et 30cm de matériau drainant.

Notons que les mesures de portance (EV2) effectuées sur les arases en sol SA se situent entre 800 bar et 1800 bar. En revanche la traficabilité des matériaux sableux étant très insuffisante, les essais de plaque n'ont pu être réalisés.

Devant l'impossibilité de réaliser une couche de forme avec les matériaux du site (grande argilosité ou traficabilité très médiocre), l'entreprise a proposé une variante qui consistait à traiter au ciment les sols Sm SL et Sm pour réaliser une couche de forme de 30cm d'épaisseur.

Sur le plan de la mise en oeuvre, les planches d'essais ont montré la grande difficulté qu'il y aurait à régler convenablement le dessus de la couche car chaque passe de compacteur laissait une marche de 5cm environ et des ondulations longitudinales de profondeur voisines de 5cm ont également été obtenues. En ce qui concerne la traficabilité, le peu de trafic qu'elle a supporté a complètement détruit la surface.

La portance obtenue, mesurée par le Laboratoire, a été décevante puisqu'elle a été inférieure à celle de l'arase de terrassement sur laquelle elle a été posée.

Après ces planches d'essais, il s'est avéré nettement que la variante du traitement des sables fins présents sur le tracé n'était pas à retenir. Résultat qui a poussé le Maître d'Ouvrage immédiatement après l'échec de cette proposition à intervenir pour réorienter l'entreprise vers la solution de base en grès.

L'entreprise a alors présenté trois matériaux provenant de trois carrières différentes :

- le grès dunaire de Bouknadel.
- les graves alluvionnaires de l'Oued Bouregreg.
- le tout venant naturel de Tiflet.

Les résultats d'identification sur les prélèvements effectués à l'approvisionnement in-situ sont donnés ci-après :

Graves en grès dunaire de BOUKNADEL

Compte tenu du caractère évolutif de ce matériau, les prélèvements analysés ont été effectués après compactage.

	D max	< 100 mm	< 50 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 80 u	IP
Valeur mini	63	89	81	40	37	7	NM
Valeur maxi	120	100	98	70	62	24	NM
Moyenne	80	99	90	60	53	14	NM
Ecart type	17	3	5	6	5	3	----

effectif des mesures: 29

Alluvions du BOUREGREG

	D max	< 100 mm	< 50 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 80 u	IP
Valeur mini	63	65	65	22	15	2	0
Valeur maxi	150	100	89	60	45	13	7
Moyenne	117	91	74	32	26	6	0 à 7 dont 30 NM
Ecart type	35	8,8	8,7	8	7,7	2,9	----

effectif des mesures: 71

Graves "villafranchien" de TIFLET

	D max	< 100 mm	< 50 mm	< 5 mm	< 2 mm	< 80 u	I.P.
Valeur mini	80	82	58	30	27	10	NM
Valeur maxi	117	100	89	48	41	17	9
Moyenne	94	96	75	39	34	13	----
Ecart type	13,5	7	10	5,7	4,3	2,4	----

effectif des mesures: 11

Des planches d'essais ont été effectuées avec ces trois matériaux en faisant varier l'épaisseur de la couche de forme en fonction de la nature de l'arase. Les scénarios testés sont les suivants :

i) Arase en sol SmSL, Sm ou SL : Couche de forme d'épaisseur constante de 40 cm.

ii) Arase en sol SA : Couche de forme d'épaisseur constante de 30 cm.

La moyenne des résultats obtenus sur les différents matériaux est récapitulée ci-après :

Emprunts	Nbre de passes	EV2 (bar)	K	Déflexion
BOUKNADEL	10	1000	1,7	130/100
TIFLET	10	1000	1,4	100/100
BOUREGREG	12	1000	1,6	130/100 (*)

(*) des déflexions aberrantes ont été obtenues avec ce type de matériau alluvionnaire par suite des mouvements de galets, notamment en période humide.

Ces résultats supérieurs aux exigences contractuelles ont permis de classer la plateforme dans la catégorie PF2 suivant la classification RTR (Recommandation pour les terrassements routiers). Il a été ainsi possible de remplacer la structure de base de la chaussée initialement prévue 20GNB/12GBB/6BB par la structure 25GNB/9GBB/5BB soit 3 cm d'économie pour la grave bitume et 1 cm pour le béton bitumineux.

CONCLUSION

Le chantier Rabat-Kénitra a clairement démontré l'intérêt que présente la réalisation d'une couche de forme répondant à des prescriptions performantes. Elle a permis notamment :

- d'assurer la traficabilité des engins sur le chantier;
- d'optimiser la structure de la chaussée;
- d'obtenir le niveau d'uni exigé par le Cahier des Charges pour les chaussées.

Ainsi, cette couche à l'interface entre les terrassements et la chaussée que l'on peut réaliser avec des matériaux locaux, joue un rôle technique et économique important dans le dimensionnement de la structure de la chaussée et mérite que lui soit accordée une attention particulière lors de la conception des projets autoroutiers.