

VALORISATION DES MATERIAUX LOCAUX

Mr Lahcen MILOUDI
Directeur Provincial de
l'Equipement de Tiznit

INTRODUCTION :

Le développement de la technique routière nationale devrait passer par une orientation sur plusieurs axes notamment la valorisation des matériaux locaux hors normes.

Compte tenu de l'importance du réseau routier à développer, des conditions climatiques très particulières à la Région Sud, du trafic relativement faible et de la nécessité de créer rapidement réseau routier dense, il s'est avéré opportun de concevoir un type de chaussée économique adapté aux conditions naturelles du Sud.

Pour les routes du Sud Marocain, les matériaux pour couche de base proviennent dans la majorité des cas de tout-venants alluvionnaires rencontrés dans les ballastières d'oueds, concassés et transportés sur les lieux de mise en oeuvre. Ce sont aussi parfois des produits de concassage des pierres de ramassage.

La recherche devait passer par l'expérimentation de l'utilisation des matériaux locaux particulièrement en corps de chaussée dans l'état où ils se trouvent naturellement où à la rigueur avec le minimum de manipulation permettant des gains appréciables sur les coûts de revient des routes (économie sur les concassages et le transport).

Pour les autres parties de la route, les matériaux existants le long des tracés et utilisés y répondent tant qualitativement que quantitativement.

Le présent document fait la synthèse des données géotechniques et des recherches menées sur plusieurs itinéraires de la région Sud. Il sera fait rappel des expériences tentées à l'étranger.

II - GEOMORPHOLOGIE ET RESSOURCES EN MATERIAUX :

A - Données morphologiques :

En général, les tracés des routes du Sud marocain sont établis dans des grandes plaines alluviales bordées de massifs rocheux de faible altitude. Seuls les passages d'une chaîne montagneuse à une autre nécessitent l'exécution de terrassements importants.

B - Géologie :

Si la géologie de détail est très complexe, la géologie générale du Sud Marocain peut être synthétisée par l'existence de chaînes montagneuses constituées de roches dures : schistes, grès et surtout quartzite, séparées par des vallées constituées d'alluvions grossières provenant des massifs voisins.

En dehors des zones alluviales et sur les plateaux, on trouve des formations de calcaire lacustre et des encroutements très consolidés.

Signalons enfin la présence au pied des chaînes montagneuses de cônes d'éboulis se caractérisant par une nette rupture de pente par rapport au massif.

C - Ressources en matériaux routiers :

Compte tenu des données géomorphologiques, il n'y a pas de problèmes d'approvisionnement en matériaux de viabilité.

Les formations superficielles rencontrées sont les suivantes :

- Des formations de pentes grossières mal classées, mal roulées souvent très épaisses et encroustées en surface.
- Des cônes de déjections des oueds temporaires très peu inclinés plus propres ou les éléments sont mieux roulés que dans les formations de pente.
- Des alluvions d'oued où les galets sont bien roulés et les fines moins abondantes.
- Des formations limoneuses de fond de vallées, fines et assez argileuses.

Il est très rare de rencontrer des sols (compressibles ou instables) soulevant des difficultés pour la construction d'une route.

D - Les sols de plateforme :

Les sols de plateforme sont en général constitués par des matériaux de type graveleux G.m à G.A. Ils présentent une bonne portance et ne posent aucun problème de dimensionnement.

E - Caractéristiques principales de ces matériaux :

Il s'agit de matériaux hétérogènes au point de vue nature, mais en général à forte proportion d'éléments de quartz, de granularité 0/50 à 0/200 mm.

L'indice de plasticité du mortier est en général faible et inférieur à 15%. L'équivalent de sable fluctue entre 15% et 80%.

La résistance aux chocs est comprise entre 10 et 25% pour une résistance à l'usure quantifiée par le coefficient deval se situant entre 8 et 15%.

Les répartitions granulaires des éléments inférieurs à 63 mm (ceux-ci représentent entre 70 et 100% du total) peuvent être groupés dans les trois fuseaux enveloppés ci-après :

III - CONDITIONS DU SITE DU RESEAU DU SUD :

A - Le trafic que draine le réseau du Sud est particulièrement faible.

Les chiffres enregistrés fluctuent en fonction des saisons. Au Sud de TIZNIT, trafic varie de 450 v/j à 50 v/j. La part du trafic lourd y est de l'ordre de 45 à 75%.

B - La pluviométrie :

L'autre caractéristique marquante du site : la faible pluviométrie ; les précipitations enregistrées au cours des dernières années dans les Provinces au Sud de la Province d'AGADIR variant entre 200 et 80 mm.

Ces quantités d'eau tombent sous forme d'orage de courte durée et d'une façon aléatoire.

C - Le site :

Les sites du Sud Marocain sont plutôt plats à vallonnés après avoir traversé les chaînes de l'Anti-atlas et de l'OUARZIZ. Les différentes routes et pistes s'établissent essentiellement sur des sols de nature dolomitiques, tuffacés, marneux ou gréseux.

IV - SECTIONS EXPERIMENTALES :

A - Liaison AKKA - TATA :

La liaison AKKA - TATA fut en 1978 le premier tronçon où ont été expérimentés les matériaux locaux (entre les PK 37 et 43).

Dans le cadre de l'exploitation des matériaux locaux, il a été entrepris une série d'études et d'essais sur des matériaux susceptibles de remplacer la grave 0/31,5 mm semi-concassée utilisée en couche de base.

Initialement il a été envisagé d'utiliser du tuf (calcaire pulvérulent, ou légèrement cimenté).

Deux sites situés le long du tracé où ce matériau semblait apparaître, ont fait l'objet de reconnaissances approfondies.

* En bordure du tracé de la route, et de la palmeraie de Tiggane (entre les profils 333 et 340 environ).

Une découverte pratiquée au bulldozer a mis en évidence les matériaux suivants :

- En surface une faible épaisseur de croûte gypseuse d'une réthora, donnant à une certaine profondeur un limon brun à nodules tuffacés.

Au même endroit encore, le talus en déblai d'une petite tranchée montre un limon tuffacé, et une marne blanchâtre très

indurée en profondeur.

Enfin, toujours à proximité du tracé, dans un petit thalweg, raviné et brodé de palmiers, on a trouvé sous la dalle calcaire (rocheuse) de 50cm à 1,00m ou plus d'épaisseur, un limon tuffacé gris blanc.

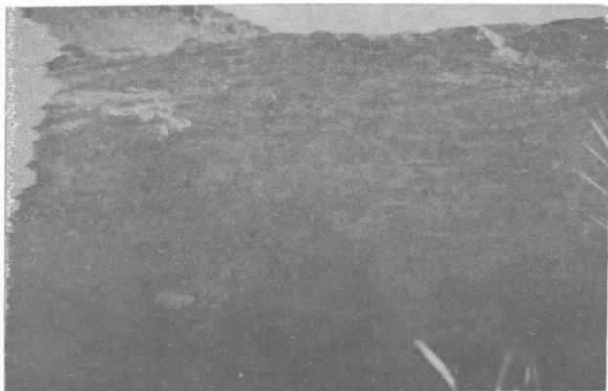


PHOTO : Thalweg raviné

Limon tuffacé sous dalle rocheuse calcaire.

* Encore à proximité du tracé, entre les profils 395 et 398 environ, la découverte faite à l'aide du bulldozer révèle en surface en coûte gypseuse, recouvrant un limon brun rougeâtre.



* L'étude préliminaire, consacrée à la constitution et à l'épaisseur du corps de chaussée, révèle en coïncidence avec la carte géologique, des sections de tracé traversant des cônes d'éboulis. Ces matériaux se présentent sous forme de tout-venant grossier, à granularité régulière et continue, et de plasticité

[illegible]

s profils 86 à 24

s profiles 86 a 243
 Echrellone ant 2

échantillons ont

L'examen des résultats entraîne les remarques suivantes :

- Site de Tiggane : deux des trois échantillons seraient susceptibles de retenir l'attention (graphique n°1).

- Celui des déblais de réthara, et celui sous-jacent à la dalle rocheuse du thalweg raviné.

Ce sont des limons à modules tuffacés, qui présentent une bonne granularité, demandant néanmoins à être écrêtés ; la plasticité serait correcte pour les déblais de réthara (I.P = 8), mais un peu trop élevée pour les limons sous-jacents à la dalle rocheuse (I.P = 13).

En outre, l'extraction de ce dernier entraînerait à éliminer la dalle rocheuse dont l'épaisseur varie de 0,50 à plus d'un mètre, ce qui nécessiterait des moyens de déroctage puissants.

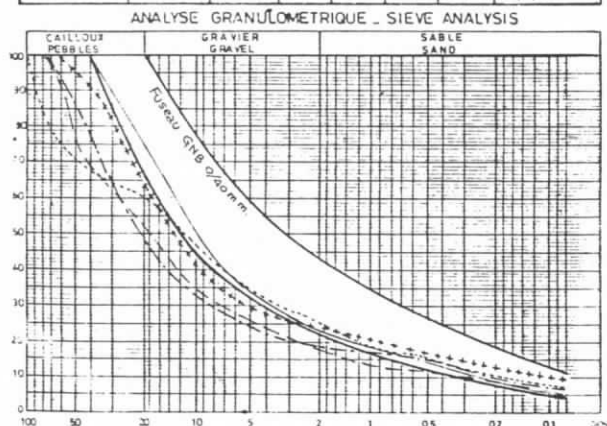
Les limons gypseux, sous croûte gypseuse, sont à éliminer d'office, ne serait ce que pour la seule raison de leur trop forte plasticité (I.P : 19).

- Sous la croûte gypseuse, le limon brun rougeâtre est trop fin.

*Matériaux de plate-forme :

Fig. n° 2 : Coubes granulométriques représentées dans le fuseau G.N.B./40 mm du C.M.S.

IDENTIFICATIONS							
Sondage, Boring Puits - Pits	Prof (m) Depth (m)	RK ou Profile line	W L	W P	I P	E.S. S.E	Classification U S C S
+	38 + 200	22	18	4			GL/Gm -
-	40 + 300	27	21	6			GL/Gm -
-	41 + 350	25	17	8			GA/Gm -
-	42 + 500	32	23	9			GA/Gm -
-	43 + 600	26	21	5			GL/Gm -



Ces résultats montrent une bonne homogénéité des éboulis situés au pied de la barre rocheuse.

Rencontrées en surface, donc faciles à exploiter, ces graves naturelles à granularité assez continue, sont peu plastiques (I.P de 4 à 90%) mais demanderont néanmoins à être écrêtées.

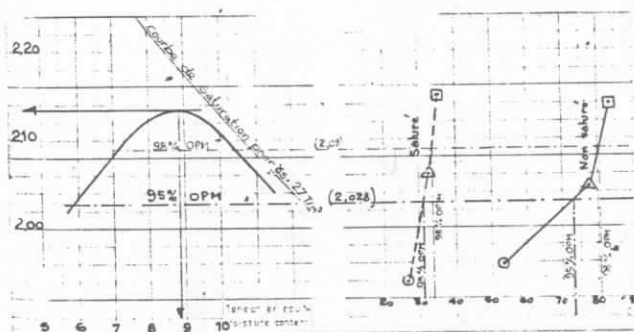
Essais Proctor et C.B.R. :

Compte tenu des possibilités d'exploitation et des résultats obtenus, il n'a été retenu, pour la suite de l'étude, que les seuls matériaux d'éboulis rencontrés entre les P.K 37 et 43 environ.

Les échantillons prélevés lors de la campagne de reconnaissance ont été mélangés et écrêtés à 20 mm par nécessité pour les moulages, et ont fait l'objet d'un essai proctor modifié, et d'essais C.B.R. à trois intensités différentes de compactage, après imbibition pendant 2 jours, et sans imbibition.

Résultats :

Fig n°3 : Courbe proctor et diagrammes C.B.R



L'examen des résultats révèle que :

- à l'essai proctor modifié, les 95% de la densité maximale exigés pour les trafics T.3. et T.4. peuvent être obtenus avec une plage de teneur en eau comprise entre 6 et 11,5%, avec une énergie de compactage relativement réduite, en effet aux essais, le compactage à l'aide de 25 coups de dame par couche, permet de dépasser légèrement cette compacité de 95%.

Par contre, s'il est demandé une compacité au moins égale à 98% de l'O.P.M. (généralement exigé par les trafics T.O-T.1-T.2), la plage de teneur en eau sera réduite à des valeurs comprises

entre 7 et 10,5% et il sera nécessaire de développer une plus forte énergie de compactage.

Le diagramme C.B.R. en fonction des densités et de l'imbibition, indique que l'indice C.B.R.obtenu est le suivant :

!Taux de compactage	! Non	saturé	!	Saturé	!
! 95% de I'O.P.M	!	73 %	!	31 %	!
! 98% de L'O.P.M	!	80 %	!	34 %	!

2 - Conclusion :

Cette étude avait pour but la recherche des matériaux susceptibles de remplacer la couche de base classique en grave 0/31,5mm semi-concassée.

A l'origine, il avait été envisagé d'utiliser les tufs (calcaires pulvérulents, ou indurés tendres, ou en modules cimentés).

Ces matériaux assez hétérogènes, trop plastiques parfois, difficilement exploitables économiquement, ont été abandonnés au profit de graves naturelles, rencontrées assez fréquemment en éboulis de pentes.

Généralement peu plastiques à quelques rares exceptions près, elles présentent sur d'assez longues distances, une bonne homogénéité et une granularité continue assez constante.

Pour l'exploitation de ces graves (par exemple entre les PK.37 et 43) il y avait lieu de s'étendre en surface plutôt qu'en profondeur -Ce qui avait d'ailleurs l'avantage de suivre le chantier à l'avancement - en raison de la tendance à rencontrer des matériaux plus fins en profondeur, c'est ce que semble démontrer les courbes granulométriques données précédemment.

Ces graves grossières, demandaient à être écrêtées à 31,5 mm ou même seulement à 40 mm, pour entrer convenablement dans le fuseau G.N.B.(couche de base) du catalogue des structures types.

Après écrêtage, il était nécessaire de vérifier si :

-L'indice entre correctement dans le fuseau.

-L'indice de plasticité reste admissible (inférieur à 10 si possible).

Les caractéristiques mesurées en laboratoire sur ces matériaux ont donné de bons résultats après écrêtage à 31,5mm.

- Courbe dans le fuseau.

- Plasticité : I.P = 4 à 9%.

- Bonne compacité à 95% O.P.M. soit $2,03T/m^3$ ne nécessitant qu'une faible énergie de compactage, avec plage des teneurs en eau de 6 à 11,5% et naturellement à 98% O.P.M. = $2,09T/m^3$ (mais nécessitant une énergie de compactage plus forte, et diminuant la plage des teneurs en eau).

- Indice portant C.B.R. respectivement à 95 % de 1' O.P.M.

- saturé : 31 à 34 %

Non saturé : 73 à 80 %

B - Liaison IGHERM - ISSAFEN :

1 - Présentation

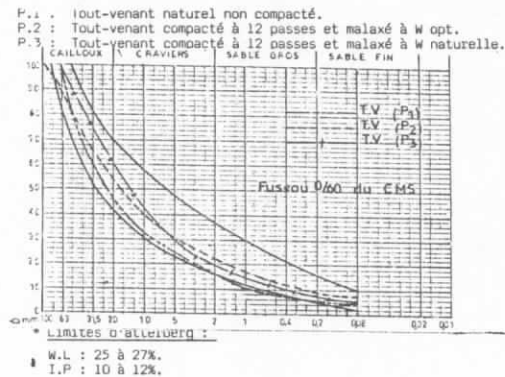
L'expérimentation des matériaux locaux a concerné dans ce cas l'utilisation en couche de base des tout-venants d'oueds dont les gros éléments ont été enlevés manuellement.



Essais de la laboratoire :

a - Granulométrie

Ce tout-venant d'oued s'inscrit bien dans le fuseau 0/60 du catalogue Marocain des structures de chaussées (Voir figure ci-après).



c - Densité en place :
O max = 2,20 à 2,24 t/m³
W.op = 7 à 8 %

2 - Sections expérimentales :

Deux sections expérimentales ont été réalisées sur cette liaison il s'agit de :

1er Section : PK 13 + 800 au PK 13 + 950

2° Section : PK 20 + 320 au PK 20 + 200

Les compacités relevées sur la couche de base dans les deux sections et après 9 passes au compacteur sont comme suit :

Section n° 1 :

Cette section étant consitutée d'une couche de base en tout-venant naturel. La compacité atteinte varie entre 94 et 100% de l'O.P.M.

Section n° 2 :

Cette section est composée aussi d'une couche de bas en tout-venant naturel. La compacité est de l'ordre de 99 à 100% de l'O.P.M.



3 - Conclusion :

Il ressort des résultats obtenus sur les sections expérimentales réalisées sur le tronçon Igherm - TATA, que l'utilisation d'un tout-venant naturel arrosé (superficiellement ou avec malaxage) permet d'atteindre un taux de compactage satisfaisant au bout de 9 passes.

Ces résultats sont d'autant plus encourageants que la compacité relevée au niveau de la grave naturelle est plus forte que celle de la grave semi-concassée pour un même mode de compactage et d'arrosage.

V - CONSTAT SUR LE COMPORTEMENT DES SECTIONS EXPERIMENTALES :

Une campagne d'auscultation sur les liaisons AKKA - TATA et ICHERM - ISSAFEN a été effectuée en Novembre 1985 en vue d'établir une description clinique de l'état de la chaussée après 7 ans de mise en service pour la première liaison et une année et demie pour la seconde.

A travers cette campagne, nous avons pu rassembler un des renseignements sur l'évolution dans le temps des différentes sections sous l'effet du trafic et ce grâce aux essais effectués in-situ et en laboratoire.

A - Déroulement de l'étude :

L'étude s'est basée sur les renseignements fournis par une série d'indicateurs reposant sur l'examen de trois points fondamentaux qui interviennent à des degrés divers dans le cadre de cette analyse :

- a) Mesures in-situ (déflexion - essai de plaque).
- b) Etat de surface
- c) La reconnaissance de la structure de chaussée, de l'état de ses matériaux et celui de son fonctionnement.

A l'issue de ce travail, nous avons établi un schéma itinéraire rassemblant les différents résultats obtenus.

B - Tronçon AKKA - TATA :

Les sections expérimentales réalisées en 1978, sur cette liaison ont fait l'objet d'une étude dès le départ.

Les principaux objectifs de cette étude étaient d'analyser le comportement des structures réalisées en matériaux locaux et de suivre l'évolution des caractéristiques de surface.

Sept ans après l'exécution de ces sections expérimentales et du reste du tronçon, il est utile d' dresser un second bilan concernant les divers aspects de cette expérimentation.

1 - Caractéristiques de surface :

Le premier type d'auscultation effectué pour suivre l'évolution de l'état de surface est de nature visuelle : il s'agit du repérage des dégradations constatées le long de ce tronçon.

La section se caractérise par deux types de dégradations :

- Des fissures localisées sur l'axe de la chaussée et des épaufures en rive.
- Des arrachements représentés par des nids de poules également repérés au niveau de l'axe et sur les rives.



2 - Essais en laboratoire :

Ces essais nous ont permis d'apprécier la qualité actuelle de la structure de chaussée comparativement aux matériaux analysés lors de la réalisation des sections expérimentales.

* Granulométrie :

Les courbes granulométriques du matériau mis en couche de base sont bien inscrites dans le fuseau 0/31,5 du C.M.S.

On note cependant une légère augmentation du sable fin.

*Equivalent de sable :

Les valeurs de l'équivalent de sable trouvées sont comprise entre 19 et 21 %.

*Compacité en place :

L'indice de concassage quant à lui varie de 95 à 97 %.

3 - Mesure de déflexions et d'essais de plaque :

a - Déflexion :

Les valeurs de déflexion enregistrées sont comme suit :

- . Section du PK 49+ 000 au PK 49+ 100 : 32 à 62.10 -2mm.
- . Section du PK 51+ 000 au PK 51+ 100 : 54 à 72.10 -2mm.

b - Essais de plaque :

Au PK 49 + 037	:	E1 = 833 bars
		E2 = 2143 bars.
		K = 2,6.
Au PK 49 + 050	:	E1 = 1000 bars.
	:	E2 = 2730 bars.
		K = 2,7.

VI - EXPERIENCE ETRANGERE:

Le souci d'économie, et la valorisation des matériaux locaux ont poussé un certain nombre de pays à leur utilisation dans la construction de leur réseau routier.

C'est ainsi qu'au NIGER ont été choisis, pour la construction de la chaussée de la liaison TAHOUA - ARLIT sur une longueur de 650 Km, les matériaux latéritiques, les tout-venant de regs et les grés altérés.

Ces matériaux disposent d'une granularité généralement continue leur plasticité et l'indice CBR ont des valeurs acceptables. Après plusieurs années de mise en service de cette liaison il a été constaté le bon comportement des graves latéritiques et des tout - venants de regs, cependant les grés altérés se sont plutôt mal comportés et des désordres ont été observés, ces anomalies sont liées au caractère évolutif de ces grés.

Par ailleurs en ALGERIE une autre expérience a été tentée par l'utilisation des tufs pour la constitution des corps de chaussée sur certaines routes nationales notamment sur la R.N°1 au sud de RASAR ET BOUKHARI et sur la R.N°23 à SIRAT.

Malgré que certaines sections présentent des signes de fatigue de la couche de base, l'ensemble, ces routes a une bonne tenue.