

COMPACTAGE A TENEUR
EN EAU NATURELLE
DANS LE SUD MAROCAIN

M. MOUSSADDYKINE
Chef du Centre Technique
Régional d'Agadir
L P E E

M. MOULOUDI
Directeur Provincial de
l'Equipement de Tiznit

M. AHAJJAM
Directeur de E T P I

M. CHAJIRI

I - INTRODUCTION :

La création d'un réseau routier dense dans nos provinces sahariennes constitue un élément de base du développement de ces régions et devrait jouer un rôle dans nos échanges futurs avec le reste de l'Afrique.

Pour atteindre ce double objectif, différentes études technico - économiques sont engagées; elles portent en particulier sur :

- L'exploitation des matériaux locaux.
- Le compactage à teneur en eau naturelle.

Dans le présent rapport nous ne développerons que la deuxième technique, le compactage à teneur en eau naturelle des remblais et des corps de chaussées.

En effet, les faibles ressources en eau de ces régions et l'éloignement des points d'eau incitent à opter pour cette technique qui présente l'avantage de permettre :

- L'épargne des ressources en eau des populations;
- L'économie sur les frais de transport de l'eau d'arrosage.

Le présent rapport fait la synthèse des études et des expérimentations en vraie grandeur menées sur plusieurs itinéraires de la région du Sud Marocain. A travers ces études et ces expérimentations nous avons essayé successivement de confirmer les possibilités du compactage à "sec" des remblais, du fond de forme et la couche de base.

II - EVOLUTION DE LA TECHNIQUE ROUTIERE :

Jusqu'en 1960 les structures de chaussées mises en place et qualifiées de "traditionnelles" utilisaient des matériaux discontinus :

Hérisson et blocage(150/300 à 80/150)

Il s'agit de matériaux assez tendres en général(calcaires grossiers, grés calcaire, marno-calcaires).

Les épaisseurs de 15 à 25cm en général évoluent à l'avancement en fonction des caractéristiques des plate-formes.

Pierres cassées à traitement en semi-pénétration(40/70) :

Il s'agit de matériaux durs (calcaires fins, grés siliceux, quartzites, basaltes), dont les épaisseurs varient de 10 à 12cm.

Depuis vingt cinq ans, sont apparus en renforcement et en chaussées neuves, les matériaux non traités à granularité continue.

Tout-venant d'oued ou de carrières 0/40 à 0/80 :

S'inscrivant dans les fuseaux A.A.S.H.T.O. correspondants.

Grave semi-concassée ou concassée non traitée

(d'oued ou de carrière) 0//30, 5 à 0/60, à caractéristiques améliorées(granulométrie, dureté et propreté, contrôlée à la mise en oeuvre).

Vers les années 1970 les couches de chaussées partiellement traitées ont fait leur apparition.

Grave-bitume 0/20 ou 0/25 en couche de base sur grave non traitée en couche de fondation.

Enrobé 0/10 à 0/14 en couche de roulement sur grave bitume en couche de base .

Ces mêmes enrobés ont été employés pour améliorer les caractéristiques de confort médiocres dues à la mise en oeuvre de couches à granularité grossière.

Les revêtements les plus fréquents sont les enduits superficiels. Si ces derniers sont assez déformables pour suivre jusqu'à un certain point les mouvements de leur support, il n'en est pas de même des enrobés en épaisseurs faibles (3 à 5cm) qui ont été ruinés prématurément par fissuration et faïençage.

Si en dureté les choix des granulats ne sont pas toujours les meilleurs, il est remarquable de constater la grande longévité des enduits superficiels.

La mise en oeuvre laisse malgré tout souvent à désirer, comme le montrent des "plumages" fréquents ; les dosages en liant et en gravillons sont irréguliers "peignage", les contrôles étant axés en priorité sur les enrobés.

Le choix des liants n'est pas lié, à la qualité de l'affinité liant-granulats vis-à-vis de l'adhésivité et de l'enrobage et à sa viscosité.

En résumé :

Les corps de chaussées anciennes sont constitués de hérisson et pierre cassée. Les corps de chaussées récents ont été constitués de matériaux modernes (tout-venant criblé, grave semi-concassée ou concassée revêtus soit d'enduit superficiel soit d'enrobé de faible épaisseur.

III- STRUCTURES COURANTES DES CHAUSSEES :

Le choix des structures constitutives des corps de chaussées se fait par référence au catalogue marocain de structures types.

En général les structures retenues sont celles recommandées pour les zones de faible pluviométrie et pour des trafics compris entre T.2, T.3, T.4.

Pour les deux derniers de ces classes de trafic et quelle que soit la qualité du sol de plate-forme, une seule structure est couramment mise en oeuvre.

R.S + 20 cm G.N.B.

Tandis que pour la classe de trafic T.2, trois structures sont employées en fonction de la qualité du sol de plate-forme.

-S.1.	R.S.	+ 30cm	C.N.A	G.N.F.
-S.2.	R.S.	+ 30cm	G.N.A.	
-S.3,S.4.	R.S.	+ 20cm	G.N.B.	

IV - CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX USUELS POUR CORPS DE CHAUSSEE :

La qualité des matériaux non traités à granulométrie continue est délimitée par des spécifications regroupées dans les C.P.C

Ces spécifications s'intéressent tout particulièrement à la granulométrie, la dureté et la propreté de ces matériaux

Elles définissent également leur angularité l'indice de concassage.

Granularité :

Elle définit la répartition granulaire des éléments constitutifs du matériau permettant d'obtenir une compacité satisfaisante et une stabilité sous trafic suffisante.

La granularité constitue d'autre part un paramètre important pour maîtriser les irrégularités de surface et les phénomènes de ségrégation .

Le C.P.C. propose pour chaque famille de grave un fuseau de spécification.

- G.N.F : grave non traitée pour couche de fondation.
- G.N.B. : grave non traitée pour couche de base.
- G.N.A. : grave non traitée pour couche de base de qualité supérieure.

Dureté :

Les granulats doivent résister aux chocs et à l'usure par attrition sous l'effet du trafic, en particulier en milieu humide, d'où l'importance de spécifications de qualité relative aux coefficients Los Angelès et Micro- deval.

Le C.P.C. ne définit que les valeurs limites du coefficient Los Angelès à respecter :

- G.N.F. : L.A 40.
- G.N.B., G.N.A. : L.A. 30.

Propreté :

La propreté et la nature des fines jouent également un rôle essentiel, ces deux paramètres sont évalués par le coefficient d'équivalent de sanlme sur la faction des inférieurs à 5mm et par les limites d'aterberg sur le mortier constitue des inférieurs à 0,4mm.

Les prescriptions sur ces valeurs tiennent compte du trafic et du climat.

- | | | | |
|---------------|---------------------|------|--------|
| C.N.F. | Z.N.A. | E.P. | 6. |
| | Z.A. | I.P. | 8. |
| | T.O, T.I, T.2, T.3. | | N.P |
| G.N.B, G.N.A. | | | |
| | T.4 | | I.P 6. |
| | E.S. 30. | | |

V- INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX SUR LA QUALITE D'UNE CHAUSSEE :

A - La granulométrie :

Les matériaux pour couche de base ou fondation, qu'ils soient naturels ou préparés mécaniquement; doivent avoir une courbe granulométrique plutôt continue, ou présentant de très courtes plages, leur coefficient de courbure se situant entre I et3.

Ces conditions donneront un matériau ne s'égrenant pas par le fait des manipulations, pouvant être réglé facilement lors de la mise en oeuvre, qui aura une bonne aptitude au compactage, et par frottement interne, présentera une résistance acceptable aux efforts des surcharges roulantes.

Un matériau s'écartant de ces conditions moyennes par excès d'éléments fins se présentera comme un sable dans lequel nageront quelques graviers ne pouvant jouer aucun rôle, et constituera une couche de chaussée très peu stable. Par ailleurs, un très grand pourcentage d'éléments aux dimensions proches du calibre supérieur, donnera une couche chaussée à grand indice, les matériaux fins s'engouffrant dans la partie inférieure de la couche qui ne se sera pas convenablement compactée, donc sujette à des tassements ultérieurs.

B - La dureté

Les opérations de compactage en cours de travaux, et la transmission des contraintes de trafic en période d'exploitation de la route soumettent les matériaux de chaussée à des fragmentations et à des frottements entre granulats. Ils auront tendance à évoluer vers une granulométrie à plus fort pourcentage en sable.

Cette tendance sera évidemment plus élevée si les surcharges de trafic sont plus grandes, et si la dureté de la roche est moins élevée. Pour éviter des inventions lourdes de réparation, les essais normalisés du genre Deval ou Los-Angeles fixent les fourchettes de dureté dont il peut être risqué de s'écarter.

C - La propreté :

Elle est intimement liée au pourcentage d'éléments fins et mortiers. Cette phase du matériau est bien évidemment nécessaire, pour permettre un serrage du matériau au compactage. A contrario, un excès de ces fillers nécessitera un arrosage important, et par là, entraînera un risque de formation de boue, et éventuellement des "coussins de caoutchouc" (déformation à volume constant sous l'action des cylindres).

Mais, c'est la nature minéralogique de ces fines qui importe le plus, car si elles ne proviennent pas du concassage d'une roche saine ou de son érosion, elles seront issues des gangues argileuses particulièrement actives gonflant en présence d'eau, agissant alors comme une graisse plaquée sur les granulats.

Les frottements entre grains devenant alors nuls, et le passage des charges roulantes entraînant le décompactage des couches de chaussée.

Les essais E.S. et limites d'Atterberg permettent de cerner le pourcentage d'argile d'un matériau et son degré de nocivité.

VI - GEOMORPHOLOGIE 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.

Dans les plaines alluviales coulent des oueds à régime très intermittent mais caractérisée par des crues brutales et très importantes à l'exception ces oasis, la végétation est rare voir souvent inexistante.

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 encroûtements très consolidés.

Signalons enfin la présence, au pied des chaînes , montagneuses de cônes d'éboullis 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 encroûtées en surface;
- Des alluvions d'oued où les galets sont bien roulés et les fines moins abondantes ;
- 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 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 plate-forme :

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

Toutefois, dans certaines zones particulières, zones inondables passages limoneux voir argileux, il y a lieu d'étudier plus soigneusement le dimensionnement et la protection contre l'érosion des berges de remblat.

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 0/200m.

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 mesurée à l'essai Los-Angelès 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 63mm (ceux-ci représentent entre 70 et 100% du total) peuvent être groupés dans les trois fuseaux enveloppes ci-après :

VII- EXAMEN DES CONDITIONS DE SITE DU RESEAU DU SUD :

1°) Les trafics que draine le réseau de sud et du Sud-Est est particulièrement faible. Les chiffres enregistrés à ce jour sont encore obérés par les convois militaires et fluctuent notablement en fonction des saisons. Au Sud de la ligne TIZNIT-OUARZAZATE les compactages actuels donnent des valeurs allant de 450 v/j pour la R.P.41 à moins de 50 v/j sur la R.P. 44, dont seulement 60% sont constitués de véhicules civils la part du trafic lourd y est de l'ordre de 45 à 75%.

2°) La pluviométrie :

Autre caractéristique marquante du site : sa sécheresse, les quantités d'eau enregistrées au cours des dernières années au sud de TIZNIT ne dépassent guère 80mm à 200mm/an.

Ces chutes ne sont pas continues mais se manifestent plutôt sous forme d'orages de courte durée et avec des fréquences aléatoires. Notons aussi les variations de température diurnes nocturnes qui sont constatées en été au delà de la zone du Sahel vers l'intérieur du continent (40°C -10°C).

3°) L'espace géographique :

Un survol très rapide du terrain permet de dire que les sites sahariens sont plutôt plats à valonnés dès que sont franchies les chaînes de l'anti-Atlas après celles de l'Ouarkziz. Les routes et pistes s'y développent sur des palte-formes sableuse tuffacées, gréseuses, marno-calcaire ou dolomitiques pour l'essentiel.