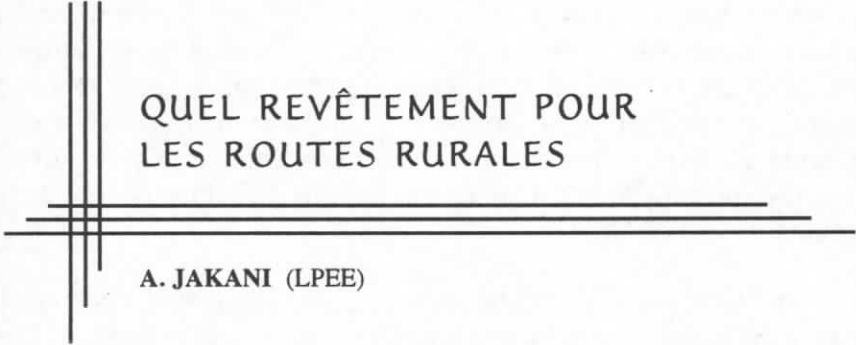




QUEL REVÊTEMENT POUR LES ROUTES RURALES

A. JAKANI (LPEE)

La DRCR vient de lancer un vaste programme de routes rurales de désenclavement , programme qui porte sur plusieurs milliers de kilomètres de pistes à réaliser au cours des 7 prochaines années, plus exactement le programme a identifié 11.250 km dont 5.000 km revêtus et 6.250 non revêtus.

Ce réseau se caractérise par le caractère " routes économiques à faible trafic ". Les crédits qui sont alloués à ce projet doivent être judicieusement gérés de façon à faire le maximum de linéaire avec le minimum de crédits. Il sera donc indispensable de traiter de telles routes par des techniques appropriées et souvent différentes des techniques classiques des routes normales. Techniques faisant appel, autant que faire se peut, aux matériaux locaux les plus proches et donc les plus économiques, aux matériaux nécessitant le moins de traitement possible sans pour autant mettre en cause la stabilité et la tenue de l'ouvrage à court et à moyen terme de façon à ce que l'investissement soit bien rentabilisé. Les techniques d'entretien doivent donc rester présentes à l'esprit d'une part et d'autre part, conçues en cohérence avec le caractère économique de ces routes.

Le programme envisage une bonne partie de pistes revêtues, le reste étant non revêtues mais ayant cependant une couche de roulement en matériau crus ou en sols sélectionnés et stabilisés de façon à être circulaire par tout temps.

Les pistes qui seront revêtues le seront dans la majorité des cas, voire la totalité des cas, par un revêtement superficiel monocouche ou bicouche (monocouche dans le cas de très faible trafic). L'enduit superficiel reste une technique de revêtement tout à fait économique et relativement bien maîtrisée par les entreprises locales. La question qui vient à l'esprit est " peut-on faire dans revêtements encore plus économiques que ceux qui ont été faits jusqu'à présent sur les routes normales ? ".

Etant donné qu'au Maroc nous ne disposons pas d'une longue expérience en matière de construction et d'entretien des routes à faible trafic, si ce n'est dans

des cas bien précis, on se propose d'examiner l'expérience internationale dans ce domaine pour répondre à la question des revêtements économiques.

L'AIPCR dans le cadre des travaux de son comité 3 " routes dans les régions en développement " avait chargé le LCPC de Nantes de procéder à une enquête sur les spécifications pratiquées par divers pays à propos des granulats et des liants pour enduit superficiel. L'enquête avait eu lieu en 1986 et avait porté sur 14 pays membres du CT 3 de l'AIPCR dont le Maroc.

L'enquête avait révélé que les spécifications concernant les granulats sont très variables d'un pays à l'autre, que ces variations ne coïncidaient pas forcément avec des variations de climat ou de sollicitation par le trafic, en partant bien entendu du principe que les spécifications sont faites pour garantir un comportement satisfaisant de l'ouvrage, compte tenu des sollicitations qu'il subit de la part du trafic et des conditions climatiques de la région de l'ouvrage.

Dans le tableau ci-après il est donné un extrait de cette enquête à propos du critère dureté Los-Angeles :

TRAFFIC PL / JOUR / SENS					
	Inf. 25	25 à 150	150 à 300	300 à 750	Sup. 750
Brésil	40	40	40	40	x
Portugal	40	40	40	40	x
France	25	20	15	15	15
Maroc	25	25	25	20	15
Tunisie	30	30	25	25	X
Niger	30	25	X	X	x
Australie	35	--	30	--	25
Côte d'Ivoire	35	--	30	--	25
Grande Bretagne *	35	35	35	20	20

(* ACV : agrégate Crushing value)

La première constatation est la grande divergence des seuils exigés pour les faibles trafics, elle se caractérise par une variation de 25 à 40. Les plus

sévères sont les spécifications françaises et marocaines avec un LA inférieur à 25. Les moins sévères sont celles du Brésil et du Portugal qui tolèrent un coefficient LA pouvant aller jusqu'à 40.

En fait la classe de trafic inférieur à 25 PL/jour/sens est à la limite entre la piste revêtue et la piste non revêtue, par conséquent, on s'intéressera plutôt à la colonne de la classe de trafic / PL compris entre 25 et 150 qui concernera plus souvent le cas de notre programme des routes rurales, on constate également que pour cette classe les spécifications divergent d'un pays à l'autre.

Le seuil de 40 semble être un seuil trop lâche pour correspondre à des granulats capables de résister au trafic même faible.

D'un autre côté, le seuil exigé par les spécification marocaines semble un peu excessif pour la catégorie de route qui nous intéresse, on se propose de relever ce seuil à 30 ce qui correspondrait à une grande majorité de dureté suffisante pour les routes à la limite du revêtu et du non revêtu.

La Côte d'Ivoire et l'Australie utilisent des granulats de dureté comprise entre 30 et 35 pour cette catégorie de trafic, la Grande Bretagne tolère un ACV pouvant aller jusqu'à 35 ce qui correspond à un LA de 40. En fait, si l'on vise l'exploitation économique des ballastières de telle sorte que le gîte des matériaux soit le plus proche possible de la route à construire, on devrait mettre en place une spécification qui tienne compte de l'hétérogénéité des galets d'oued.

En effet, ce type de matériau présente souvent des fluctuations de la caractéristique de dureté. On pourrait à priori proposer pour le cas spécial du programme rural :

La dureté Los Angeles des granulats doit être telle que :

- 100% des mesures < 35.
- 80% des mesures < 30.

Pour réussir un revêtement superficiel, chacun sait qu'il faut, en plus de la maîtrise de la technique de mise en œuvre, disposer de bons granulats et

d'un liant correct et adapté. Si nous partons de l'hypothèse que nos entrepreneurs maîtrisent à peu près la technique en question, nous nous intéressons forcément aux matériaux, c'est à dire les granulats et les liants. Les économies, si elles peuvent être faites, le seront au niveau des matériaux.

Les liants sont ce qu'ils sont (la modulation de leur spécifications n'engendrera pas de diminution sensible de leur coût de production), leur lieux de production sont quasiment fixés, s'il y a des économies à faire en matière de liant ce sera au niveau des dosages, mais ceux-ci sont tellement sensibles vis-à-vis de la réussite et de la tenue des revêtements qu'il serait imprudent de les diminuer, à priori, par rapport aux dosages habituels.

De toute façon les dosages en liant doivent toujours être adaptés au cas par cas à cause des différents aspects du support. Reste alors les actions que l'on peut mener sur les granulats, ceux-ci sont caractérisés par un certain nombre de paramètres.

Parmi ces paramètres, il y a ceux qui sont intrinsèques c'est à dire qui dépendent de la nature pétrographique du matériau et sont quasiment indépendants des transformations que peut apporter l'homme, il s'agit de la dureté LA, de l'usure MDE et du polissage CPA, ainsi que de l'adhésivité, forme, propreté sont des caractéristiques dépendant du mode de production : extraction, criblage et scalpage, concassage et recyclage, etc...

Ces paramètres sont modifiables par l'homme, en ce sens que l'entrepreneur peut agir sur son installation de concassage pour élaborer des granulats répondant aux spécifications, par contre les paramètres de dureté échappent à l'entrepreneur, et il ne peut pas améliorer substantiellement la dureté des granulats, par des dispositions judicieuses des installations de concassage.

Il est contraint de chercher un gîte de matériaux durs d'avance et avant tout traitement, ce gîte peut être assez loin du chantier de mise en œuvre, ce qui grève lourdement le prix de revient des granulats compte tenu des coûts du transport. C'est pour cette raison que la présente note s'est focalisée sur la spécification dureté.

PAYS	PROPRETE	
	Maximum en %	Ouverture tamis Utilisé (mm)
Côte d'Ivoire	1 à 2	1
Tunisie	2	1
Maroc	1	1
Brésil	2	1
Niger	1 à 2	0,5
France	0,5 à 2	0,5
Corée Sud	1	0,5
Portugal	2	0,075

Là aussi, on constate que la spécification marocaine est la plus sévère du tableau, car elle correspond au minimum toléré de poussière et la poussière est comptabilisée à partir du maximum de dimension (1mm). La spécification portugaise semble irréaliste car elle tolère jusqu'à 2% du filler proprement dit, puisqu'elle comptabilise uniquement le passant à 75 microns.

L'expérience montre que les courbes granulométriques des granulats pour enduit sont généralement presque verticales et en tout cas toujours bien raides, ce qui se traduit par un passant à 1 mm et un passant à 0,5 mm pratiquement identiques.

Si l'on excepte le cas du Portugal, on pourrait dire tous les pays estiment que la propreté devrait ne pas dépasser un seuil qui est compris entre 0,5 et 2. La spécification marocaine à notre avis devrait être maintenue à 1%, mais le tamis de mesure devrait être ramené à 0,5 mm car le facteur propreté est un facteur dominant pour la réussite d'un enduit, toute poussière collée au granulat empêchera le liant de jouer son rôle et puis de toute façon l'amélioration de la propreté n'engendre pas de

grands surcoûts au niveau de la production. L'enjeu de la réussite du chantier étant grand, on se propose de maintenir cette spécification bien qu'elle soit relativement sévère.

En ce qui concerne le coefficient d'aplatissement, celui-ci doit être inférieur à un seuil qui varie de 10 à 25 selon les pays et selon la classe du trafic poids lourd.

PAYX - PL/J/S	< 25	25 à 150	150 à 300
France	25	20	20
Niger	20	20	--
Maroc	25	25	25
Tunisie	10	10	10
Côte d'Ivoire	20	20	15

Dans le cas du coefficient de forme, la spécification marocaine n'est pas très exigeante, celle de la Tunisie nous semble très difficile à respecter.

Cette caractéristique ayant une importance de 2^{ème} ordre (par rapport à la propreté et l'adhésivité) dans la réussite du revêtement d'une part et d'autre part son amélioration n'engendre pas de grands surcoûts de production, on se propose de maintenir cette spécification à sa valeur actuelle.

Enfin, pour que ce tour d'horizon à propos des granulats soit exhaustif, intéressons nous à deux caractéristiques ayant une incidence importante sur le coût de production et non traitées par l'enquête AIPCR, il s'agit du MDE et de l'IC.

Le coefficient d'usure par auto attrition en présence d'eau est le MDE. Les spécifications marocaines exigent un MDE < 20 pour les revêtements superficiels.

Cette caractéristique est intrinsèque, elle conditionne donc le lieu d'extraction et par conséquent le coût du transport qui a une part dominante dans les coûts global du granulat. Généralement, pour les pays francophones qui ont adopté l'essai MDE et en particulier la France, la spécification MDE est de 5 points plus basse que celle du LA pour un même granulat.

De plus, en France il existe une règle dite de compensation entre le LA et le MDE qui permet de déroger une des caractéristiques quand l'autre est franchement satisfaisante.

D'un côté, le MDE permet d'éviter une usure trop rapide du granulat sous l'effet du trafic et de l'humidité, or dans le cadre du programme des routes rurales qui nous intéresse, on sait que le trafic sera généralement faible et surtout ce sera un trafic à vitesse modérée.

D'un autre côté le Maroc reste un pays à pluviométrie plutôt moyenne à faible (sauf parfois dans l'extrême Nord et dans le Rif). Pour ces diverses raisons et notamment l'acceptation d'un risque d'usure approprié au cas des routes à faible trafic, ainsi que le souci de minimiser le coût des granulats par le biais du coût du transport, on se propose d'adopter la spécification suivante : **M D E £ 30**

En ce qui concerne l'angularité, ce facteur a une incidence directe sur le coût de production puisque c'est lui qui conditionne principalement les rendements pour une extraction donnée. En effet, la norme actuelle, pour les routes normales, exige un rapport de cassage supérieur à 4. Cela se traduit par une élimination des inférieurs à 56 mm quand on produit un granulat 10/14. La fraction 0/60 représente parfois plus de la moitié d'un 0/150 extrait brut de la ballastière.

L'angularité qui a un rôle principal dans les GNT en tant que frottement interne et donc stabilité mécanique de la GNT n'a pas le même rôle au niveau du RS. L'angularité dans le cas des revêtement superficiels va donner au granulat une plus grande chance de succès, mais la granulométrie et le dosage seront plus influents pour la mosaïque et sa tenue. En second lieu elle donnera au revêtement une meilleure adhérence pneus chaussée grâce à une plus grande rugosité de la macro texture, mais sachant qu'il ne pleut pas très souvent, que la vitesse des véhicules sur les pistes rurales sera modérée et qu'un granulat de bonne forme assurera un minimum de rugosité, on se propose de ramener le rapport de concassage à 1,5 au lieu de 4 ce qui correspond à un indice de concassage équivalent supérieur à 150%. On concassera donc les supérieurs à 20 mm pour produire une 10/14 et une 6/10.

Les rendements seront nettement améliorés. Les ballastières seront épuisées. Le granulat ne sera jamais roulé mais entièrement concassé (100%) avec toujours au moins une face concassée. La glissance ne sera pas véritablement menacée.

Récapitulons ci-après, les propositions de spécifications spéciales, pour programme des routes rurales revêtues par un revêtement superficiel bicouche :

- Dimension : 6/10 et 10/14 ou 4/6 et 10/14.
- Dureté LA : inf. à 30 dans 80% des cas.
inf. à 35 dans 100% des cas
- Propreté : 1 % maximum de passant à 0,5 mm
- Usure MDE : inf. à 30
- Angularité RC : sup. à 1,5

Ces modulations, si elles sont adoptées permettront sans nul doute de permettre un rapprochement du chantier au gîte des matériaux, ce qui aura des retombées non négligeables sur l'économie des investissements.

A titre purement indicatif, on peut procéder à une estimation très grossières des économies que l'on peut tirer de l'allègement des spécifications.

- Surface à revêtir en 7 à 8 ans : $5000 \text{ km} \times 6 \text{ m} = 30 \text{ millions de m}^2$
- Volume nécessaire des granulats : 20 l/m² pour les 2 couches 600.000 de m³
- En admettant que la distance moyenne du transport est de l'ordre de 150 km et que les nouvelles spécifications permettent d'exploiter

des gîtes à mi-chemin : le gain serait de 75 km de transport et de 1 dh le m³, l'économie serait de l'ordre de 45 millions de dhs. Cette économie représente 1,50 dhs par m², ce qui peut représenter 10 à 20% de diminution du coût du revêtement, abstraction faite des économies tirées de l'amélioration des rendements et abstraction faite de la sauvegarde des emprunts naturels.

Enfin, avant de clôturer ce chapitre de revêtement des pistes, nous avons pensé qu'il était opportun de signaler une possibilité de concevoir une couche de roulement en géotextile imprégné et revêtu d'un enduit superficiel. Cette technique qui est très innovante est à priori onéreuse semble inadéquate pour le cas des routes économiques, néanmoins, la présence du géotextile permet de résister aux efforts horizontaux de cisaillement, elle peut permettre de se passer de la couche de base le sol est de bonne portance.

Une expérience a été réalisée en Bolivie en 1985 où des routes de désenclavement ont été revêtues par un géotextile imbibé d'émulsion et revêtu par un enduit superficiel. Le bon comportement des sections expérimentales avait permis de généraliser cette technique aux routes de montagne à climat froid et humide.

La présence de la nappe de géotextile avait permis dans de nombreux cas de supprimer la couche de base, soit en général 20 cm d'épaisseur de matériaux granulaires de bonnes caractéristiques et stabilisés mécaniquement. Le coût global étant relativement économique à cause d'une large compensation du prix du géotextile par le prix de la couche de base. Cette expérience a donné lieu à une communication de l'émulsion tenu à Paris en Octobre 1993.

D'autre part, un article publié dans le n° 89 de Mars 1989 de la revue Bitume actualisés, numéro consacré principalement aux routes à faible trafic, traite le cas d'utilisation d'une nappe de géotextile (à raison 100 g/m²) où le revêtement ainsi réalisé peut supporter des déformations et des allongements considérables. La prolongation du géotextile imprégné

jusqu'aux accotements permet de mettre efficacement le corps de chaussée à l'abri de l'humidité grâce à une plus grande étanchéité. Il s'en suit que l'on peut, sans trop de risque, utiliser des matériaux subnormaux, locaux et économiques tels que des graves sommairement concassées et moyennement propres (ES à peine inférieur à 30 et % de fines allant jusqu'à 15).

Si l'on peut économiser la couche de base, utiliser des matériaux peu performants en couche de fondation et avoir un revêtement qui supporte les grandes déformations, on devrait examiner la variante géotextile sous l'aspect bilan technico-économique.

Conclusion, devant le vaste programme des pistes rurales et devant la nécessité d'optimiser les moyens financiers réservés à ce programme, il sera possible de faire coïncider les besoins techniques et les possibilités financières grâce à une réflexion et une remise en cause des idées préconçues.