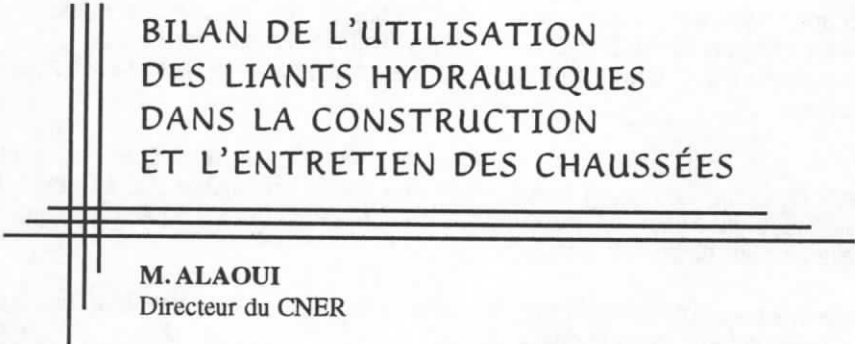


**BILAN DE L'UTILISATION
DES LIANTS HYDRAULIQUES
DANS LA CONSTRUCTION
ET L'ENTRETIEN DES CHAUSSEES**



M. ALAOUI
Directeur du CNER

I- INTRODUCTION

L'utilisation du ciment dans le domaine routier a essentiellement eu pour origine des impératifs économiques et peut constituer une alternative fort intéressante face aux problèmes de qualité et de disponibilité de granulats que connaissent quelques régions du Maroc.

L'extension de l'infrastructure routière, sa maintenance et sa modernisation pour l'adapter à l'évolution du trafic, ont été à l'origine, d'une part, des besoins croissants de matériaux et d'autre part à l'éloignement progressif entre les centres de production et les lieux d'utilisation.

Les conséquences ont été de deux ordres :

- Un accroissement du coût de la construction, compte tenu d'une raréfaction des sites d'extraction et d'une augmentation significative du coût de transport ;
- Une dégradation des structures routières existantes du fait du transport des matériaux.

Face à ces contraintes, les matériaux locaux peuvent constituer une solution adéquate. Cependant, malgré leur abondance, ils ont en général des caractéristiques intrinsèques qui s'écartent des spécifications du CPC et doivent par conséquent être améliorés pour pouvoir être utilisés.

Les techniques d'amélioration et de traitement au ciment constituent une solution pour l'utilisation de ces matériaux locaux.

I- JUSTIFICATION DE L'INTRODUCTION DES TECHNIQUES A BASE DE LIANTS HYDRAULIQUES AU MAROC

Durant ces dernières années, la nécessité d'accompagner d'une part le développement économique du pays et d'autre part de participer au désenclavement du monde rural, ont fait ressentir d'importants besoins tant en construction qu'en maintenance du réseau routier.

Par ailleurs, du fait de l'épuisement des gîtes habituellement exploités pour la maintenance du réseau et devant l'insuffisance voire l'inexistence de matériaux de bonnes qualités à travers le pays en ce qui concerne la construction de nouvelles

routes, le recours à l'utilisation des matériaux locaux subnormaux traités ou non aux liants hydrauliques s'avère d'une importance capitale. Ceci est d'autant plus justifié du fait de :

- . La hausse continue des prix des produits hydrocarbonés ;
- . La production du ciment au niveau national avec une capacité couvrant largement le besoin du pays ;
- . Une bonne répartition des cimenteries à travers le pays ;

Dans ce cadre la DRCR a procédé à la réalisation de sections expérimentales qui ont débutées dès 1983 par l'expérimentation en renforcement de la technique des graves-ciment sur la RP3, succédée par une réalisation d'une chaussée en béton de ciment au niveau de la RS 229 en 1985. Ensuite deux autres expérimentations ont été entamées en 1990, qui ont concerné les chaussées en béton de ciment (CT 1063) et les graves ciment (RP2).

Les dernières réalisations étant faites en 1993 et 1995 ont concerné respectivement les GVC sur le CT 6501 et les chaussées en béton sur les CT 1213 et (16 km). Par ailleurs, les travaux de renforcement et d'élargissement en grave ciment et GAC ont débuté en juin 1997 au niveau de CT 4007 de la DTP de Fés.

L'objectif principal de ces sections expérimentales était de :

- . Maîtriser la mise en œuvre de ces techniques à base de liants hydrauliques ;
- . Chercher les conditions d'adaptation de ces techniques au contexte technico-économique du pays.

Le suivi de leur comportement dans le temps, a été assuré par le CNER, et a intéressé essentiellement :

- des mesures de déflexions ;
- des mesures d'uni au Bump integrator ;
- des campagnes du relevé visuel des dégradations ;
- des mesures du produit Rd.

II- EXPERIENCE NATIONALE EN TECHNIQUES A BASE DE LIANTS HYDRAULIQUES

Jusqu'à nous jours, sept planches expérimentales ont été réalisées au Maroc par ces techniques à base de liants hydrauliques. Elles ont concerné les sections suivantes :

- RP3 : (du Pk 52+300 au Pk 53+600)
- RS 229 : (560 m)
- RP2 : (du Pk 16+800 au Pk 17+400)
- CT 1063 : (18 km)
- CT 6501 : (du Pk 0 au Pk 18)
- CT 1213 : (16 km)
- CT 4007 : (4,5 Km)

EXPERIMENTATION EN RENFORCEMENT DE LA TECHNIQUE DE GRAVE-CIMENT (RP3 du Pk 52+300 au Pk 53+600)

OBJECTIF

L'objectif était de réaliser une expérimentation dans les conditions du pays dans le but de :

- déceler parmi les difficultés qui semblent handicaper l'introduction de cette technique, celles qui sont réellement posées et comment elles peuvent être résolues ;
- suivre le comportement à court moyen et à long terme l'expérimentation, avant de conclure quant à la performance de la technique et à son adaptation au contexte technico-économique du pays.

Expérimentation de la technique

1) Présentation de la section

La section considérée est située entre les Pk 52+300 et le Pk 53+600 de la RP3 (Sidi Slimane). Cette section présentait un état de fatigue avancé et était destinée à être renforcée.

2) Structure adoptée

La structure de la chaussée existante est constituée par :

- une couche de roulement composée d'une couche d'enrobés bitumineux (3 à 5 cm) surmontant une ancienne couche d'enduit superficiel :

- une couche en pierre cassée (7 à 18 cm)
- une couche de blocage (12 à 19 cm).

Le sol de plateforme est une argile gonflante de classe S0.

L'état des dégradations de la chaussée, avant renforcement était tel que :

- La déflexion caractéristique (D90) moyenne était de 233/100mm ;
- Le coefficient de planéité était de $RI=5000\text{mm/km}$;

Le trafic relevé sur la section avant renforcement correspond à la classe T3 du catalogue des structures types de chaussées.

Tenant compte de ces données, la structure de renforcement retenue était:

- 22 cm de grave ciment + 6 cm d'enrobés.

3) Formulation

Les matériaux à base desquelles la formulation a été étudiée sont :

- sable 0/6 de concassage ;
- un gravillon 6/25 provenant de la carrière d'Akreuch ;
- un ciment CPA 325 de CADEM.

L'étude au laboratoire a donné la formulation suivante :

- sable 0/6 : 40%
- gravillon 6/25 : 60%
- ciment CPA 325 : 4%
 - retardateur de prise (SODAP) : 0,6% par rapport au ciment
 - teneur en eau : 5,7%.

Résultats du suivi

Cette planche expérimentale a fait l'objet d'un suivi de comportement par des campagnes de mesures espacées dans le temps.

Les mesures de déflexions ont montré que celles-ci n'ont pas évolué au cours du temps. En effet de 1983 à 1989, la valeur de la déflexion reste voisine de 85/100 mm.

Les mesures d'uni réalisées au Bump intégrateur ont montré que les sections présentaient un bon uni. La valeur du coefficient de planéité est passée de

1744 mm/km en 1983 à 2423 mm/km en 1988. Cette faible augmentation du RI n'est probablement lié qu'à la dégradation (fissuration transversale) du revêtement.

Les valeurs du produit Rd reportées sur le graphique bilogarithmique ($\log d$ et $\log R$) ci-après sont réparties de la manière suivante :

- + 20% dans la zone 1 ($rd < 15000$) bonne assise ; bon support
- + 60% dans la zone 2 ($rd < 15000$) mauvaise assise ; bon support
- + 20% dans la zone 4 ($rd < 15000$) assise et support mauvais

Par ailleurs, l'examen de l'état de surface a montré que les premières fissures transversales sont apparues après deux années environ de la réalisation de la section. Depuis, la fissuration a évolué pour toucher la majorité de la section.

CONCLUSION

Après un suivi, de près de sept années, du comportement de la section expérimentale de renforcement en grave ciment, il y a lieu de signaler que:

- à la réalisation, le problème majeur constaté résidait dans la difficulté de maîtriser la teneur en eau qui a entraîné des prises rapides de ciment et une insuffisance de compactage par endroits ;
- le comportement de la section au cours de 7 années de service est jugé satisfaisant et cela malgré quelques insuffisances de portances et quelques dégradations localisées ;
- les performances signalées ont été atteintes malgré que la structure initialement prévue, d'après le dimensionnement de la chaussée, n'a pas été respectée. En effet, il était prévu de réaliser un tapis de 6 cm d'enrobés sur la grave ciment. Celui-ci a été remplacé par un enduit superficiel bicouche, sur lequel seuls quelques opérations très limitées de déflachage ont été pratiquées, durant toute cette période de service.

Expérimentation de la grave villafranchienne traitee au ciment

RP 2 du Pk 16+800 au Pk 17+400

OBJECTIF

L'objectif principal de cette expérimentation était, l'utilisation de la grave villafranchienne en construction routière moyennant un traitement au ciment en vue d'améliorer ses performances. Cette grave est caractérisée par un ES de 64 % et un LA de 41,4 %.

Expérimentation de la technique

1) Présentation de la section

La section expérimentée se situe sur la RP2 entre le Pk 16+800 et le Pk 17+400 où il y a trois voies de circulation sous un trafic To. Elle a été réalisée sur la voie de gauche dans le sens Rabat-Kénitra.

2) Structures adoptées

Sur une longueur de 600 m cinq structures à deux pourcentages de ciment 4% et 6% ont été adoptées :

- P1 - 30cm CF+30 cm de GVC à 4% de ciment+12 GBB+RS sur 150 m
- P2 - 30cm CF+20 cm de GVC à 4% de ciment+12 GBB+RS sur 150 m
- P3 - 30cm CF+20 cm de GVC à 4% de ciment + RS sur 150m
- P4 - 30cmCF+ 20 cm de GVC à 6% de ciment + RS sur 114 m.
- P5 - 30cm CF +30cm de GNA+ RS sur 36m

Ainsi, il ressort que les GVC ont été testées respectivement en couche de fondation (P1 et P2) et en couche de base (P3 et P4). La planche P5, quant à elle, constitue une planche témoin en structure souple permettant, en la comparant à la GVC, de mettre en évidence les performances de cette dernière sous les mêmes conditions de climat, de sol et de trafic.

3) Formulation

Les formulations de la grave ciment étudiées par le LPEE ont été faites sur la base des matériaux suivants :

- Un sable 0/6
- une grave 6/12
- une grave 12/25
- un ciment CPJ 45.

A défaut d'existence de normes propres au Maroc concernant cette technique, la formulation a été faite de manière à avoir une courbe granulométrique qui s'inscrit bien dans le fuseau 0/20 des spécifications SETRA-LCPC pour la grave-ciment.

L'étude de formulation a consisté ensuite, à déterminer les caractéristiques Proctor modifié et la résistance mécanique du matériau, et ce pour deux dosages en ciment :

4% et 6% à chacun correspond une formulation.

a- Formulation F1

- sable 0/6 : 40%
- grave 6/12 : 35%
- grave 12/25 : 25%
- ciment CPJ 45 : 4% par rapport au mélange des matériaux secs
- retardateur de prise : 0,2% par rapport au ciment
- teneur en eau : 5,8%.

b- Formulation F2

- sable 0/6 : 40%
- grave 6/12 : 33%
- grave 12/25 : 27%
- ciment CPJ 45 : 6% par rapport au mélange des matériaux secs
- retardateur de prise : 0,2% par rapport au ciment
- teneur en eau : 5,7%.

Résultats de suivi

Les planches expérimentales réalisées en septembre 1990, ont montré après une période de 26 mois sous un trafic cumulé évalué 5.240.000 véhicules (environ 400.000 essieux de 13 T) le comportement suivant :

* l'uni, réputé mauvais depuis la mise en service pour les planches P3 , P4 et P5 et acceptable pour les planches P1 et P2, n'a pratiquement pas changé. Le tableau suivant résume les valeurs moyennes du RI par planche à différents âges.

Age Planche	Avant mise en œuvre	2 mois	10 mois	16 mois	26 mois
P1	1298	2879	2540	2879	2800
P2	1467	2963	2879	2964	2880
P3	1072	3641	3725	3980	3895
P4	1468	3556	3556	4064	4445
P5	1468	4826	5080	5080	5080

* les planches de GVC présentent un bon comportement structural mis en évidence par des mesures de déflexion au deflectographe lacroix. En effet, pour les sections P1 et P2 la déflexion est inférieure à 40/100 mm ce qui signifie un risque peu probable de problème dans l'assise traitée selon le tableau ci-contre. Par contre, pour P3 , P4 et P5, elle varie de 30 à 60/100 mm) ce qui témoigne qu'on est en présence d'une probable insuffisance en portance et de rigidité de l'assise et une probable dégradation par décohésion.

Chaussées épaisses (cas en général des chaussées à trafic T0 ou T1) Epaisseur totale supérieure à 60 cm (*) ou Assise traitée supérieure à 30 cm			Autres Chaussées (cas en général des chaussées à trafic T2 ou T3) Epaisseur totale inférieure à 60 cm (*) ou Assise traitée inférieure à 30 cm		
Déflexion en un point inférieure à 20/100 cm	Déflexion en un point comprise entre 20/100 mm et 40/100 mm	Déflexion en un point supérieure à 40/100 mm	Déflexion en un point inférieure à 40/100 mm	Déflexion en un point comprise entre 40/100 mm et 60/100 mm	Déflexion en un point supérieure à 60/100 mm
Risque peu probable de problèmes dans l'assise traitée	Risque notable de problèmes dans l'assise traitée : hétérogénéité, dégradations localisées, interfaces...	Mauvaise assise traitée : portance et rigidité insuffisantes, dégradation par décohesion	Risque peu probable de problèmes dans l'assise traitée	Risque notable de problèmes dans l'assise traitée : toutes dégradations possibles.	Mauvaise assise traitée : décohesion
(1) Y compris l'ancienne chaussée dans le cas d'un renforcement.					

* Les valeurs du produit Rd déterminées pour les planches et leurs reports dans le graphique bilogarithmique (Logd-LogR) a permis de tirer les éléments suivants :

- Pour les planches P1 et P2, le nuage des points de coordonnées (Logd-LogR) se trouve en totalité dans la zone 1 qui correspond aux assises traitées de bonne tenue sur support correct ;

- Pour la planche P3, 58% du nuage des points se trouvent dans la zone 3 qui correspond à une zone douteuse et 42% se trouvent dans la zone1 ;

- La planche P4 présente un nuage de points qui se répartit comme suit : 55% dans la zone 4, 28% dans la zone3 et 17% dans zone 1. Ce résultat est peut être dû à une mauvaise répartition du ciment (ou de l'eau) pendant la mise en œuvre ;

* L'état visuel des surfaces des planches expérimentales est globalement bon. L'élément le plus frappant sur ces planches est l'absence de fissurations au niveau des planches P1 et P2 et leur présence remarquable au niveau des planches P3, P4 et P5. Ceci laisse conclure que les 12cm de GBB intercalés

entre la GVC et le RS ont du amortir les fissurations et retarder leur apparition en surface. Une telle structure, constituée de GVC+GBB+RS, représente donc une solution très importante pour les routes se développant dans des endroits sensibles à l'eau.

Par ailleurs, il importe de signaler que certaines difficultés de mise en œuvre ont été rencontrées :

- Un manque de malaxage supplémentaire in-situ de la couche de GVC car les dimensions de la lame de la niveleuse n'étaient pas adaptées à la largeur de la section (3,5m) de GVC ;
- Un décollement à la main de la couche de protection (produit de cure) ;
- Une hétérogénéité locale du répandage du produit de cure ;

Comparaison de la structure en GVC avec des structures souples

Sur la même route, près des planches expérimentales des GVC et à peu près pendant la même période ont été réalisées des travaux de renforcement. Les structures qui ont été adoptées sont les suivantes :

- S1 : 12GBB+5EB entre PK 9 et 13 ;
- S2 : 3EB (reprofilage)+6EB entre PK 13 et 15 ;

Les résultats des mesures de déflexion effectuées sur la voie de gauche de ces deux sections dans le sens Rabat-Kénitra en janvier 92 ont donné des valeurs de déflexion caractéristiques ($d_{90} = D_{max} + 1,280$) se présentant comme suit :

- S1 : $22/100\text{mm} < D_{90} < 45/100\text{mm}$ avec une moyenne de $31/100\text{mm}$ et un écart-type de 6 ;
- S2 : $38/100\text{mm} < D_{90} < 63/100\text{mm}$ avec une moyenne de $50/100\text{mm}$ et un écart-type de 6,87 ;

La comparaison de ces structures avec celles de GVC de point de vu portance permet de constater qu'à l'exception des planches P4 et P5 les trois autres planches expérimentales de GVC ont une portance meilleure que celle des sections S1 et S2.

A signaler, dans cette comparaison qu'il s'agit de planches neuves de GVC (l'ancienne chaussée a été décaissée) d'une part et d'un renforcement où l'ancienne structure contribue à la portance globale de l'ensemble de couches au-dessus du sol support d'autre part. Quant aux conditions de sollicitations mécaniques et

climatologiques, les planches expérimentales de GVC et les sections S1 et S2 se trouvent exactement dans les mêmes conditions et elles ont en plus à peu près de même âge (âge de renforcement et de construction neuve des planches de GVC).

Conclusion

Après 26 mois de service, le comportement structurel des planches GVC est bon. Le trafic cumulé qui a affecté les sections pendant cette période est équivalent, pour un taux d'accroissement du trafic de 6% et un pourcentage de poids lourds de 35 % à :

- un trafic de classe T3 pendant une durée de vie de plus de 20 ans ;
- un trafic de classe T2 pendant une durée de vie de plus de 10 ans.

Ainsi, sur la base des résultats de cette expérimentation, il apparaît que :

- La comparaison de la structure en GNA et celle en GVC montre un comportement meilleur de la seconde ;
- Les GVC à 4% et à 6% de ciment se comportent de la même manière. Il y a lieu donc de signaler que l'ajout de 2% de ciment n'améliore guère le comportement ;
- Le comportement des GVC en couche de fondation est jugé très bon. Les fissurations susceptibles d'avoir lieu ont été amorties par la couche de base en GBB;
- Les valeurs de déflexion mesurées pour les sections où la GVC a été testée en couche de base sont loin d'être médiocres. Elles sont dans tous les cas inférieures à 60/100mm. Par conséquent, par le biais d'une couche de roulement convenable, la GVC peut être utilisée parfaitement bien en couche de base.

EXPERIMENTATION DE LA GRAVE AMELIOREE AU SUR LE CT 6501 (du Pk 0 au Pk 18)

OBJECTIFS

L'objectif de l'expérimentation de la grave améliorée au ciment (GAC) dans la province de SAFI est :

* de valoriser les matériaux locaux de la région de SAFI vue l'indisponibilité des matériaux nobles conformes au CPC des travaux routiers courants ;

* d'introduire et maîtriser la technique de traitement en place des graves au ciment.

Il s'agit d'un traitement au ciment sur place d'une grave en construction neuve, en élargissement et en renforcement avec réalisation de planches témoins en structure souple.

Expérimentation de la technique

1) Présentation de la section

La section considérée se situe sur le chemin tertiaire 6501 reliant la ville de Safi à la RS 121 passant par les localités HAD HRARA et TLETE BOUAZIZ.

2) Structures adoptées

Le corps de chaussée existant est constitué d'une structure traditionnelle en pierre cassée sur blocage d'une épaisseur totale variant de 25 à 35 cm.

Le trafic considéré est classé dans la classe T4 du manuel de renforcement des chaussées revêtues. Le sol de plateforme est de classe S3 à S4.

Les structures des planches expérimentales sont récapitulées dans le tableau ci-après.

STRUCTURES DES PLANCHES EXPERIMENTALES

Sections			Structures de chaussées			
N°	Pk - Pk CT 6501	Long (m)	Type d'intervention	Structures adoptées	N° profil type	Type de drainage
1	0+000-2+471	2471	Elarg.2x1,5m +Renf	(20GNF+20GAC) + 20 GAC	1	Couche drainante
			Idem	(20GNF+20GNA*)+20GNA*		
2	2+471-2+671	200		(20GAC+20 GAC)+20GAC	5	
			Idem	(20+GNF+20 GNA*)+20 GNA*	2	
3	2+671-2+954	283		(20GNF+20 GAC)+20GAC		
			Idem	(15GNA*+15 GNA**)+15 GNA**	5	
			Idem	(20GNF+20 GAC)+15 GAC	1	
5	3+202-8+449	5247		(15+GNA*+15 GNA*)+15 GNA*		
			Idem	(20GNF+20 GAC)+20 GAC	6	
6	8+448-8+743	294		(15GNA*+15 GNA*)+15 GNA*		
			Idem	30 GAC	1(*)	
			Idem		3	Couche drainante
8	9+518- 12+540	3022				
			Idem		1	
9	12+540- 15+240	2700				Couche drainante
			Idem		3	
10	15+240- 17+690	2450				
			Chaussée neuve		4	
11	17+690- 17+922	232				

3) Formulation

Les matériaux et liants utilisés dans cette expérimentation sont :

- grave calcaire 0/31,5
- gravillon 4/6 pour cloutage
- ciment CPJ classe 45 de l'usine CIMASFI (ciment de Maroc)
- enduit de cure : émulsion de bitume à 65%
- (revêtement bicouche) émulsion de bitume à 65 %
- gravettes 6/10 et 10/14.

Le matériau 0/31,5 (de la carrière GETRATER) tel que soumis à l'essai et traité au ciment permet d'atteindre des performances satisfaisantes. Pour cela, il faut exiger un compactage d'au moins 98% de l'OPM, des teneurs en eau voisines de 6% et un dosage de ciment voisin de 3,5 % en poids sec du matériau.

Il est à noter que le mélange est réalisé en place.

Résultats de suivi :

Les mesures relevées sur cette section après 4 années de service révèlent des valeurs de déflexion qui sont récapitulées au tableau suivant.

N° PLANCHE	DEFLEXION						Conclusion Comportement
	Pourcentage des valeurs de mesures						
	d < 40/100 Axe Rive		40/100<d<60/100 Axe Rive		d>60/100 Axe Rive		
1	95,6	77,2	3,2	17,8	1,1	5	Bon
3	96	100	4	0	0		Bon
5	98,7	78,4	1,1	15,4	0,2	6,2	Bon
7	87,7	67,9	10,4	25,5	1,9	6,6	Bon
9	100	69,8	0	22,9	0	7,3	Bon
11	100	56,8	0	25	0	18,2	Bon

Les données du relevé visuel montre que l'état de surface est globalement bon. Seuls certains épaufréments, arrachements très localisés et quelques fissures transversales ont été signalées.

L'uni est bon à acceptable.

Les valeurs maximales, du RI, enregistrées ne dépassent pas 3000 mm/Km

Les valeurs du produit Rd se trouvent dans leur majorité dans la zone 1 et 2 qui correspondent d'après le graphique bilogarithmique respectivement à une assise de bonne tenue sur support correct et à une assise traitée dégradée sur support correct qui ne peut être due qu'à un problème de mise en œuvre (malaxage, arrosage.....)

Conclusion

Après 3 années de mise sous circulation, le comportement de planches expérimentales des graves traitées au ciment, évalué à l'aide des mesures de déflexion, de rayon de courbure et à l'aide d'un relevé détaillé de dégradation de surface, peut être jugé bon.

Il est cependant encore tôt de porter un jugement définitif sur l'expérimentation.

EXPERIMENTATION DU TRAITEMENT DES SOLS A LA CHAUX SUR LA RS 229 (Liaison RP 4 DAR ELAMRI)

OBJECTIF

Amélioration des caractéristiques du sol de plateforme des chaussées à construire dans les zones des sols instables ou de portance faible.

Expérimentation de la technique

1) Présentation de la section

Réalisée en octobre 1985, la section expérimentée est d'une longueur de 1 km sur la RS 229 (liaison RP 4 - DAR ELAMRI).

2) Structure et formulation

La section considérée a été divisée en 5 petites planches expérimentales de longueur 200 m chacune. Le dosage en chaux était compris entre 4% et 6%. L'épaisseur du sol traité varie de 30 à 50 cm.

Résultats de l'expérimentation

- Laboratoire

- * chute nette de la plasticité du tirs
- * nette diminution de l'amplitude du gonflement
- * nette augmentation du CBR.

- Terrain

- * amélioration sensible de la portance du sol traité
- * augmentation importante des déflexions avec le temps
- * état de surface peu satisfaisant : fissuration et affaissements importants avec quelques importants arrachements et départs de matériaux de la couche de base.

D'où, un comportement moins bon que prévus du aux effets combinés d'un mauvais drainage, d'un trafic exceptionnel agressif non pris en compte d'une quantité insuffisante de la réalisation du traitement du sol à la chaux qui a du entraîner une amélioration du tirs insuffisante pour compenser la réduction de l'épaisseur du corps de chaussée.

Conclusion

Les non-disponibilité du matériel adéquat de mise en œuvre, et le caractère artisanal de production de la chaux n'ont pas permis la réussite de cette expérimentation.

Cependant, il y a lieu de réaliser d'autres chantiers par des moyens appropriés avec de bonnes conditions de mise en œuvre.

EXPERIMENTATION DE LA TECHNIQUE DES CHAUSSEES EN BETON DE CIMENT

OBJECTIF

L'expérimentation de cette technique a visé les objectifs suivants :

- Dégager des conclusions relatives à la faisabilité technique des chaussées en béton, par le suivi d'une réalisation dans les conditions technico-économique du pays ;
- Suivre le comportement, sous trafic, de différents types de structure et recueillir des données à court, moyen et à long terme, en vue d'établir des règles de conception et du dimensionnement adaptées au contexte national et choisir les structures appropriées.

EXPERIMENTATION

Trois expérimentations ont été réalisées dans ce cadre.

La première sur la RS 229, la deuxième sur le CT 1063 et la dernière sur les CT 1213 et 1029.

Section de la RS 229

Réalisée en 1985, à l'aide d'un matériel artisanal, cette section a été exécutée sur (560 m) selon différentes variantes concernant :

- * la couche de fondation : GNF, GC, sol traité à la chaux et sol nature
- * les épaisseurs des dalles : 16, 20 et 25cm
- * les longueurs des dalles : 4, 5, 6 et 7m
- * le type de joints transversaux (goujonnés ou non).

Section du CT 1063

En 1990 un chantier pilote sur le CT 1063 de 18,160 km de longueur a été réalisé par un matériel approprié et performant Slip-Form. La structure adoptée sur ce chantier était :

- * structure courante chaussée : 20 cm GNF + 18 cm BC
- * structure courante accotement : 20 cm GNF + 18 MS.

Pour pouvoir tirer un maximum possible de renseignements sur le mode de fonctionnement des dalles en béton, il a été retenu de réaliser différentes variantes relatives à :

- La fondation, trois variantes : GNF, MS et sol support ;
- Les dalles : + épaisseurs variables (18, 20 et 22cm)
+ largeurs variables 4,10m et 3,93m
- Les joints : goujonnés, non goujonnés
- Drainage : composition et épaisseur d'accotement variable en MS et MD.

Le tableau suivant récapitule ces différentes variantes.

Variante	Pk	N° Dalle	Fondation	Dalle	Accotement	Type de joint
1	17+330 au 17+530	3368 au 3115	20 GNF	longueur : 5 m largeur : 4 m Ep : 18 cm	Largeur: 2m MS : 38 cm	G
2	16+530 au 16+730	3209 au 3247	20 GNF	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 2m MS : 18 cm MD : 20 cm	G
3	16+730 au 16+930	3248 au 3287	20 GNF	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 2m MS : 13 cm MD : 25 cm	G
4	17+130 au 17+330	3328 au 3367	30 MS	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 2m MS : 18 cm MD : 20 cm	G
5	16+930 au 17+030	3288 au 3307	Sol support	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 2m MS : 18 cm MD : 20 cm	G
6	16+430 au 16+530	3188 au 3208	20 GNF	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 20 cm	largeur : 2m MS : 20 cm MD : 20 cm	G
7	17+030 au 17+130	3308 au 3327	Sol support	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 22 cm	largeur : 2m MS : 12 cm MD : 8 cm	G
8	18+036 au 18+136	3514 au 3534	20 GNF	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 1m MS : 18 cm MD : 20 cm	G
Section courante	0+000 au 16+430		20 GNF	longueur : 5m largeur : 4m Ep : 18 cm	largeur : 2m MS : 18 cm MD : 20 cm	G

Section CT 1213 et 1029

C'est une section d'environ 16 km de longueur. Le Pk 0 du CT se situe au Pk 34 de la RP7.

Cette expérimentation a été réalisée sur un sol argilo-sableux légèrement tirsifié, sous un trafic T4 (avec fort % des poids lourds). La structure qui avait été adoptée est : 20 cm BC + 20 cm GNB. La largeur de la chaussée est de 4 m par contre les accotements sont de 2 m.

RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS

Section RS 229

Le comportement de la section est globalement bon. Après cinq années mise en service on note :

- * les dalles posées directement sur les tris sont les plus fissurées ;
- * le cas des structures avec une fondation non traitée semble se comporter mieux ;
- * les cas des structures en dalle de 25 cm ne pose aucun problème.

Section CT 1063

Après 40 mois de mise en service, sous un trafic relativement agressif pour certaines sections (transport de matériaux de construction : gravettes et argile pour l'industrie de briques et céramiques à BERRECHID), le comportement global de la chaussée expérimentale est jugé très bon.

Au cours de la mise en œuvre quelques problèmes ont été constatés :

- Apparition de quelques fissures transversales dues à un retard de sciage, il a fallu réaliser les deux premiers kilomètres pour fixer le temps opportun pour le sciage ;
- Irrégularité et insuffisance des résistances de béton atteintes au départ. Ce problème était du principalement à une contamination des granulats par la poussière (stockage en plein air durant une longue période ;

- Fluctuation de l'épaisseur du béton mis en place, cette fluctuation était due, en partie à la nature de la couche de fondation (GNF) et à la finition de cette dernière qui n'était pas compatible avec les tolérances désirées pour l'épaisseur des dalles en béton.

Sur le plan comportement, les fissures (toutes catégories) apparues n'ont pas affecté l'uni de la chaussée et par conséquent le confort de l'utilisateur et le niveau de service global de la route.

Avant 1993 ces fissures n'affectaient que 3,2% de l'ensemble des dalles constituant les 18,160 km du CT 1063. Ce taux de fissuration a évolué par la suite pour atteindre 5,9%. Les fissures les plus critiques, qui constituent les dégradations les plus graves pour les chaussées en béton de ciment sont les fissures longitudinales sont localisées essentiellement entre les PK 7 et 8 sur une longueur de 113m, ainsi qu'entre les PK 16 et 18 sur 150m.

Dans le même cadre on peut tirer les conclusions suivantes :

- les dalles posées sur une fondation de 20GNF se comportent mieux que celles qui ont une fondation de 30MS ;
- les dalles de fondation en MS se comportent mieux que celles sans fondation posées directement sur le sol ;
- la réduction de la largeur de l'accotement favorise l'apparition des cassures d'angles ;
- les fissures transversales de joints sont indépendantes du type de fondation et de l'épaisseur de la dalle ;

Section CT 1213

Cette section a été réalisée en 1995. Jusqu'à présent aucun suivi n'a été réalisé. Seules certaines constatations lors de la réalisation des travaux ont été signalées.

Conclusions Générale

A travers ces réalisations, la technique des chaussées en béton de ciment a été introduite avec succès au Maroc et il est recommandé de lui assurer une continuité.

En matière de conception, la technique des dalles courtes (4à5m de longueur) est à retenir.

Sur les sols fins à faible portance, il y a lieu d'éviter la réalisation des dalles en béton de ciment directement posées sur le sol naturel.

En ce qui concerne la largeur des dalles, il y a lieu de la limiter à la largeur d'une voie de circulation (3,5m), sinon il faut prévoir un joint longitudinal, notamment sur les sols sensibles à la variation des teneurs en eau.

L'apport du goujonnage des joints transversaux, opération coûteuse et de réalisation assez délicate, a été faible et il est recommandé de l'éliminer pour les cas de trafic faible à moyen.

III- DOCUMENTATION DE LA DRCR RELATIVE A DES TECHNIQUES A BASE DE LIANTS HYDRAULIQUES

Ces multiples réalisations entreprises dans le cadre d'expérimentation des techniques à base de liants hydrauliques ont permis de réfléchir à l'établissement de spécifications nationales pour la conception et la réalisation des projets de routes par ces techniques.

L'élaboration, en effet, d'une directive pour la réalisation des assises de chaussées en graves traitées au ciment, est l'une des opérations, sur le plan documentation, entreprises par la DRCR en vue d'introduire ces nouvelles techniques de construction routière.

Par ailleurs, on assiste à une introduction au catalogue des structures 1995, ainsi qu'au manuel de renforcement des chaussées, des structures en liants hydrauliques. Et par la même occasion, un document sur les clauses techniques pour la réalisation des chaussées en béton de ciment a été établi.

Ces documents constituent donc, le fruit d'une première phase expérimentale très réussie des chaussées réalisées à base de liants hydrauliques.

Ces documents doivent être complétés pour des normes, guides,... dans l'objectif de réaliser avec maîtrise des routes en utilisant ces techniques utilisatrices de liants hydrauliques.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le recours aux techniques utilisant le ciment dans le corps des chaussées peut être une alternative aux techniques souples couramment utilisées au Maroc et qui enregistrent quelques problèmes d'ordre technique et économique, traduits par la pénurie des matériaux de qualité et le renchérissement des coûts des infrastructures routières.

Certes, pour que ces techniques prennent leur place, des efforts doivent être développés au niveau régional en poursuivant des expérimentations en matière d'utilisation d'autres matériaux locaux traités au ciment.

Quant à la région de Safi, l'expérimentation réalisée sur la grave traitée au ciment a répondu aux attentes à savoir un comportement correct de chaussée réalisée par un mélange à prix compétitif. L'élargissement de cette technique, dans le cadre du plan quinquennal, s'impose.

La technique des chaussées rigides quant à elle, peut être compétitive aux chaussées souples notamment pour les forts trafics. Son avantage est d'assurer une durée de service plus longue (20 à 25 ans contre 10 ans pour les chaussées souples) avec des fréquences d'entretien très réduites.

Au niveau des spécifications, le catalogue de structures des chaussées neuves présente, dans sa nouvelle version, une large gamme de structures utilisant le ciment (GAC et BC) couvrant ainsi toutes les classes du trafic et des plateformes.

Enfin, il convient de mentionner que l'introduction de techniques favorisant l'exploitation des gîtes de matériaux locaux moyennant un traitement au ciment ou de techniques de retraitement en place des chaussées dégradées permettra non seulement de réduire les coûts de construction mais aussi d'éviter la dégradation des chaussées se trouvant sur les itinéraires d'acheminement des matériaux nobles.