

LE RETRAITEMENT AU CIMENT
DES CHAUSSEES ANCIENNES
TRANSPOSITION AU CONTEXTE
LOCAL

M. Edouard De SAMBUCY
Ingénieur Conseiller Technique
Division technique
DRCR

I - DESCRIPTION DU PROCEDE

Le retraitement en place d'une chaussée souple est une opération qui vise à redonner à la route une force portante et un uni satisfaisant en utilisant les matériaux déjà en place avec ou sans apport de matériaux complémentaires.

Les effets attendus d'une opération de rénovation de chaussée peuvent se classer en 2 catégories:

. Le renforcement de la structure pour faire face à un accroissement de l'agressivité du trafic ou pour prolonger la durée de vie d'une chaussée ancienne

La restauration de l'uni de surface tant en profil en long qu'en profil en travers.

Dans la pratique ces deux effets sont couplés, car en général; pour les chaussées souples qui sont les seules visées par la technique de retraitement, une insuffisance d'épaisseur entraîne des déformations du support qui se répercutent sur la couche de surface. Toutefois il peut se présenter des routes où la restauration de l'uni de surface est seulement recherchée. C'est notamment le cas des chaussées construites sur sols gonflants, tels que les tirs. Sur les routes de ce type correctement dimensionnées, une remise au profil de la couche de base est seule nécessaire. La méthode traditionnelle consiste en un reprofilage effectué soit par l'apport en faible épaisseur d'un matériau lié aux liants hydrocarbonés tel qu'un enrobé à froid ou une grave émulsion, soit par l'apport d'une nouvelle assise en grave non traitée, imprégnée et revêtue.

A ces procédés la technique du retraitement substitue une simple remise au profil de base effectuée après une scarification de l'ancienne chaussée suivi d'une remise au profil et d'un compactage. Dans le cas où les matériaux de la couche de base sont pollués il est procédé, après la scarification, au répandage d'un liant hydraulique chaux ou ciment pour réduire la plasticité des fines. La couche de base ainsi reconstituée est ensuite imprégnée et revêtue d'un enduit superficiel bicouche dans le cas d'une assise en grave non traitée, ou bien cloutée et revêtue d'un enduit superficiel bicouche dans le cas d'une assise en grave traitée par adjonction d'un liant hydraulique. Cette technique outre l'économie sur les matériaux évite le rechargement des accotements.

Si un renforcement de la structure s'avère nécessaire, parce que la chaussée existante est sous dimensionnée en regard du trafic actuel ou bien parce que les matériaux ont des caractéristiques mécaniques insuffisantes, l'introduction d'un liant hydraulique dans le granulat constituant la chaussée à rénover peut éviter de recourir à la solution traditionnelle du renforcement par apport d'une nouvelle couche de matériau. La technique du retraitement consiste alors à scarifier l'ancienne couche de base; introduire un liant hydraulique, malaxer et, compacter. Suivant l'importance du trafic une couche de roulement en enduit superficiel ou un tapis d'enrobé est ensuite réalisé.

II - LIMITES DU PROCEDE

Le domaine d'application du retraitement en place est limité par:

- . La nature des granulats constituant l'ancienne chaussée
- . Les possibilités des matériels de malaxage
- . Les performances des granulats après traitement.

L'objectif du traitement est de reconstituer une couche de base s'apparentant à une grave ciment. Pour y parvenir il faut pouvoir disposer d'un granulats continu, exigences d'épaisseur de la couche à traiter et de finesse de l'uni de surface. Or tel n'est pas toujours le cas, car de nombreuses chaussées sont constituées d'un empierrement de granulométrie discontinue dont la dimension maximale peut atteindre le calibre 200. D'autres chaussées ont été réalisées par élargissements successifs en utilisant des matériaux de natures différentes, introduisant une hétérogénéité dans le profil en travers. Une correction granululaire est alors nécessaire. Elle consiste en :

. Une réduction des gros éléments soit par écrêtage mécanique ou manuel s'ils sont peu nombreux, soit par concassage en place ou en centrale fixe;

. Un apport de matériaux nouveaux, destinés à compenser une fraction manquante ou à compléter une quantité de matériaux insuffisante pour réaliser une couche de base d'épaisseur satisfaisante. Cet apport peut être effectué préalablement à l'adjonction du liant hydraulique ou bien sous forme d'un mélange sable et liant préélaboré en centrale de malaxage.

Cet éventail de procédés permet théoriquement de traiter n'importe quel type de matériaux non liés utilisés en couche de base. Mais dans la pratique la disponibilité du matériel ou le coût de l'intervention sont des contraintes qui restreignent leur utilisation

L'épaisseur maximale de la couche susceptible d'être traitée est limitée par la puissance de malaxage des engins disponibles. La profondeur d'action varie de 0,15 à 0,33m. Il est cependant possible de s'affranchir de cette suggestion en opérant par couche, ce qui nécessite la mise en dépôt provisoire des couches supérieures pour permettre le traitement de la couche inférieure.

L'hétérogénéité d'un matériau traité en place doit aussi être prise en considération, car celui-ci ne peut avoir les performances d'un matériau traité en centrale. Le type de matériel de malaxage a une grande influence sur la qualité du matériau traité, les machines les plus performantes permettent actuellement d'obtenir des matériaux d'une qualité comparable à ceux élaborés en centrale

III - ETUDE ET DIMENSIONNEMENT

le choix de la technique de retraitement nécessite une connaissance précise de la nature de l'ancienne chaussée, de son sol support, des matériaux qui la composent.

L'hétérogénéité des chaussées déjà évoquée implique une reconnaissance détaillée de la structure s'appuyant sur la réalisation de tranchées et intéressant toute la largeur de la chaussée et judicieusement espacées pour appréhender tous les changements de structure dus aux élargissements, rechargements et reprofilages antérieurs. L'espacement des tranchées peut être estimé à 500 mètres pour une chaussée homogène de rase campagne.

L'épaisseur de chaque couche doit être définie aussi précisément que possible afin d'éviter que ne s'opèrent lors de la scarification ou du malaxage des mélanges non souhaités, ou la remontée de blocs d'une ancienne fondation.

Chaque matériau et sol rencontré doit ensuite être identifié afin de connaître sa granularité, sa plasticité, sa teneur en eau in situ etc...

L'étude et le dimensionnement d'une chaussée soumise à un retraitement en place ne relèvent pas des méthodes sophistiquées à partir de la mécanique des chaussées. Elles sont plutôt du domaine du bon sens et de l'expérience locale.

Il est certes possible à partir d'essais effectués en laboratoire d'évaluer les performances mécaniques des matériaux retraités par adjonction de ciment. Toutefois la représentativité de ces essais est très aléatoire en raison de l'irrégularité des matériaux à traiter et de l'hétérogénéité du malaxage en place. A défaut d'une expérience antérieure il sera cependant possible à partir des performances mécaniques des matériaux constituant l'assise de déterminer l'épaisseur théorique de la couche à traiter en utilisant la méthodologie développée par le SETRA dans son manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic.

Un abaque (figure n°1), permet en fonction du module (E) et de la résistance à la traction directe (R_t) mesurée dans les conditions de laboratoire (1) de déterminer une classe de résistance du matériau traité. En raison des irrégularités inhérentes au traitement en place le SETRA recommande de retrancher une classe au résultat obtenu pour les matériaux provenant d'ancienne chaussée sablo-graveleuse. La détermination de l'épaisseur de l'assise traitée s'effectue ensuite en fonction du trafic cumulé en essieu de 13 tonnes par application de l'abaque correspondant à la classe de résistance retenue. (cf. figure n° 2 : abaque relatif à la classe de résistance 2).

Un calcul de l'épaisseur de l'assise traitée a été effectué dans l'hypothèse de matériaux de classe de résistance 2 pour différentes valeurs de la portance de la sous-couche et de classes de trafic. La durée de service prise en compte est de 10 ans. Les résultats applicables au cas d'une couche de roulement en enduit superficiel sont consignés dans le tableau ci-dessous (2)

EPAISSEURS D'ASSISE TRAITEE DE CLASSE DE RESISTANCE (2)
Couche de roulement en enduit superficiel

POR- TANCE (SETRA) (LCPC)	C.B.R.	CLASSES DE TRAFIC-MJA par sens							
		50	100	200	375	500	1000	2250	
0	< 3	Une couche de forme est à prévoir							
1	3 à 6	25	26	28	31	32	34	38	
2	6 à 10	22	23	25	28	29	31	35	
3	10 à 20	19	20	22	25	26	28	32	
4	> 20	16	17	19	22	23	25	29	

(1) Rt et E sont mesurés à 90 jours pour les liants à prise rapide (ciment) et à 180 jours pour les liants à prise lente (chaux)

(2) avec 35% de PL de PTC 1,5t équivalent à 0,1C9 essieu de 13t et un taux de croissance du trafic de 5% par an.

La conjugaison des contraintes relatives à la résistance à la fatigue des matériaux de l'assise d'une part, et à l'épaisseur technologique dont il a été dit précédemment qu'elle ne peut dépasser 0,33 m d'autre part, le domaine d'application du procédé aux chaussées dont le trafic à la mise en service est de 2000 véhicules par jour correspondant à la classe T2

L'influence du gel n'étant pas prise en compte dans ce calcul l'on peut supposer que le résultat obtenu est valable pour la zone non aride du Maroc

L'étude de formulation consistera à fixer les différentes opérations de correction granulaire ainsi que la nature et le dosage du liant hydraulique à introduire le dosage en liant global généralement utilisé varie de 4 à 6%

L'efficacité du traitement pourra être utilement vérifiée par comparaison des caractéristiques de déformabilité avant travaux et sur planche d'essai. La déflexion maximale souhaitable à 7 jours pour un traitement au ciment est estimée par le SETRA entre 50 et 75 centièmes de millimètres suivant la classe de trafic.

IV - TECHNIQUE DE REALISATION

Le retraitement d'une ancienne chaussée souple comporte l'exécution des opérations suivantes :

- . dislocation de l'ancienne chaussée
- . correction granulaire éventuelle du matériau en place
- . apport éventuel d'un liant hydraulique
- . malaxage.
- . réglage et compactage
- . exécution des couches de protection et de roulement.

Le procédé qui s'est d'abord développé en utilisant des matériels classiques de travaux publics a généré la création d'un matériel spécifique assurant en une seule passe l'ensemble des opérations de retraitement, comme cela existe pour le recyclage en place des enrobés bitumineux.

Les opérations de dislocation, réglage, compactage et exécution des couches de protection et de roulement se réalisent avec les engins courants: niveleuse équipée d'un ripper, compacteur, répandeur, gravillonneur dont dispose toute entreprise de travaux routiers.

La correction granulaire par apport de matériaux nouveaux se ramène à une opération de malaxage dont l'on parlera plus loin. La correction par réduction des gros éléments peut s'effectuer en place au moyen d'un casseur de pierre de type agricole pour les matériaux calcaires tendres ou par un concasseur mobile à percussion ou en centrale fixe pour les matériaux durs.

Le répandage du ciment ou de la chaux est réalisé à défaut de posséder une répandeur, en jetant régulièrement les sacs sur la chaussée. Sous l'effet du choc, ils éclatent. Il suffit ensuite d'éliminer l'emballage et de répartir le contenu à la pelle ou à la niveleuse.

Ce procédé archaïque s'il assure une bonne répartition du ciment ou de la chaux est cependant lent et éprouvant pour le personnel. Il n'est donc envisageable que pour de petits chantiers. C'est celui que l'on pourra retenir lors du lancement de la technique. Si les résultats sont encourageants et si les programmes annuels sont étoffés un ou plusieurs entrepreneurs seront alors tentés de passer à "la vitesse supérieure" en s'équipant d'une répandeur.

De la qualité du malaxage dépend la réussite du chantier. La charrue à disques dont la pénétration même lestée est faible, de l'ordre de 10 à 15 cm foisonnés, n'est pas suffisamment efficace pour assurer l'homogénéisation du liant, du matériau d'apport éventuel et du matériau à traiter.

Il en est de même des malaxeurs à axes verticaux. Pour obtenir un résultat satisfaisant de sol en place à axe horizontal du type "pulvinix" "rotobêche", utilisé notamment dans le département du Gers donne aussi de bons résultats. Toutefois le domaine d'utilisation des malaxeurs est à limiter aux matériaux dont le D max est inférieur à 60mm. Ils sont utilisables sur des empièvements en pierres cassées, mais il faut exclure le blocage.

Des machines regroupant plusieurs des opérations du retraitement viennent de naître. Des prototypes mis au point dans le cadre du projet français d'aide à l'innovation sont en cours d'expérimentation ou même d'exploitation.

Le procédé INNOROUTE développé par l'entreprise BEUGNET, utilise une fraiseuse à double rotor qui défonce, fragmente, humidifie et mélange les matériaux avec le liant sur une épaisseur de 33 cm. Les matériaux traités sont répandus par la machine en couche régulière. L'épandage du liant est effectué préalablement au passage de la machine avec un épandeur à distributeur alvéolaire asservi à la vitesse d'avancement. La machine d'une puissance totale de 525 cv traite une bande de 2m. De largeur à une vitesse linéaire d'avancement pouvant varier de 0 à 5 mètres par minute.

Le procédé RENOROUTE développé par l'entreprise "RAZEL frères" utilise deux machines. La première est une unité de défonce et de concassage. D'une masse totale de 70 tonnes et d'une longueur de 16m.

Elle peut absorber des blocs de 700mm qui sont réduits à la maille de 40mm; au moyen d'un concasseur à percussion. La deuxième tractée par la précédente assure l'apport du liant, l'ajout éventuel d'eau et le malaxage. La correction granulométrique, si elle est nécessaire, s'effectue par dépôt du matériau correcteur en cordon calibré devant la première machine ou derrière celle-ci.

Le compactage est assuré à l'aide de cylindre vibrant lourd et de compacteur à pneus lourds dont le type est fonction de l'épaisseur de la couche traitée.

La couche de roulement peut être soit un enduit superficiel, soit un tapis en enrobés bitumineux suivant l'importance du trafic et les performances du matériau traité. Dans le cas d'un enduit superficiel il est recommandé de procéder à un cloutage de la surface de la couche de base pour faciliter l'accrochage du liant hydrocarboné. Si le revêtement ne peut être effectué immédiatement après la mise en oeuvre de l'assise, il est nécessaire de la protéger de la dessiccation par le répandage d'un enduit de cure.

De ce qui précède deux tendances se dégagent pour l'organisation du chantier :

- d'une part le chantier "rustique" qui en dehors du matériel traditionnel ne nécessite qu'un pulvimixer et éventuellement un casseur mobile à percussion.

Si le volume des travaux est important, le recours à un épandage mécanisé du ciment est à prévoir pour accélérer la cadence de mise en oeuvre et améliorer le confort des ouvriers. Ce type de chantier convient à la réalisation de programmes de faible envergure, aussi bien qu'à des chantiers de moyenne importance, le rythme d'avancement étant de 1500 à 2000 m² par jour.

-d'autre part, le chantier "spécialisé" utilisant un matériel spécifique. En raison du coût élevé de l'investissement, (3) il n'est rentable qu'à partir d'un programme annuel minimum de 120 kms de route retraitée de 4m de largeur.

V- TRANSPOSITION AU CONTEXTE LOCAL

La technique de retraitement des chaussées souples qui vient d'être décrite est-elle transposable au Maroc ? pour répondre à cette question nous allons examiner le contexte routier Marocain afin de dégager ses principales caractéristiques et les confronter aux possibilités techniques et économiques offertes par ce procédé.

Le réseau routier marocain revêtu dans la gamme de trafic comprise dans la fourchette de 0 à 2000 véhicules par jour (en moyenne annuelle), correspondant à un trafic cumulé sur 10 ans de $1,8.10^5$ essieux de 13 tonnes, à une longueur de 24 000 kms (4). un inventaire de l'état du réseau effectué en 1983 a fait apparaître que 9.200 kms de routes de la catégorie susvisée avaient besoin d'un renforcement (5). Une campagne de sondage réalisée en 1985 sur un échantillon de ce réseau permet de classer les chaussées en 7 catégories en fonction de la nature des matériaux constitutifs de la structure.

Les résultats de ce classement, dont le détail est donné en annexe n° 1, sont les suivants:

. catégorie 1 : pierre cassée + ES	:13%
. catégorie 2 : blocage + pierre cassée + ES	:39%
. catégorie 3 : assise non liée + pierre cassée + ES	: 3%
. catégorie 4a: assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm + ES	:11%
. catégorie 4b: assise non liée d'épaisseur supérieure à 20 cm + ES	:23%
. catégorie 5a: blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm + ES	: 3%
. catégorie 5b: blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur supérieure à 20 cm + ES	: 8%

(3) la machine rénoroute et sa remorque de malaxage étaient estimées à 3.985.000 FF en 1984 (source entreprise Razel Frères)

(4) RP =6437 km - RS =5934 km - CT =11.621 kms

(5) Etude d'amélioration de l'entretien routier (BCEOM - 1983)

L'épaisseur moyenne des couches est la suivante :

- | | |
|-------------------|----------|
| - blocage | :15 cm |
| - pierre cassée | : 7,5 cm |
| - assise non liée | :20,4 cm |

Nous allons examiner successivement chacune de ces structures et proposer un type de traitement adapté à chacune d'elle.

Structure n° 1: pierre cassée + ES

L'épaisseur de la couche de pierre cassée en place de l'ordre de 7,5 cm est trop faible pour obtenir une couche de base ayant l'épaisseur minimum requise de 0,15m. Il est nécessaire soit d'incorporer à la structure le sol de plateforme s'il est de bonne qualité ou de faire l'apport d'un matériau tout venant dans lequel s'intégrera la pierre cassée.

Si la pierre cassée est polluée un apport de chaux sera nécessaire.

Structure n° 2: blocage + pierre cassée + ES

L'épaisseur de la structure de l'ordre de 22,5 cm est suffisante. Mais il est nécessaire de procéder à une réduction du blocage par concassage. Un apport de sable peut s'avérer nécessaire soit directement avant malaxage soit sous forme de mortier de ciment. Si le blocage est pollué il faudra au préalable faire un répandage de chaux.

Structure n° 3 : assise non liée + pierre cassée + ES

L'épaisseur de la structure en place de l'ordre de 28 cm est suffisante. La pierre cassée mélangée au tout venant de l'assise non liée est susceptible de constituer une nouvelle assise à laquelle sera incorporé un liant hydraulique si un renforcement de la force portante de la structure est souhaitée.

Structure n° 4a : assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm.

Un apport de matériaux complémentaire est nécessaire pour obtenir une couche de base dont l'épaisseur minimum est de 15 cm.

Structure n° 4b : assise non liée d'épaisseur supérieure à 20 cm.

Le traitement au ciment peut être effectué directement sans correction granulométrique ni apport de matériaux.

Structure n° 5a : blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm + ES.

L'incorporation de la pierre cassée dans le tout venant de l'assise non liée est susceptible de constituer une nouvelle assise à laquelle sera incorporé un liant hydraulique si un renforcement de la force portante de la structure est souhaitée.

Structure n° 5b : blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur supérieure à 20 cm + ES.

Le traitement s'appliquera uniquement à l'assise supérieure non liée sans apport ni correction.

Le tableau n° 1 récapitule les différentes possibilités de traitement.

Il résulte de ce qui précède que tous les types de structure rencontrés au Maroc sont justifiables d'une technique de rénovation permettant une réalisation des matériaux en place. Il faut cependant exclure le cas où le degré pollution de la structure en place est tel qu'il ne puisse être réduit, par un simple traitement à la chaux.

Les cas les plus simples, donc les plus économiques, sont ceux qui ne font pas intervenir de correction granulométrique. Il s'agit des catégories 3, 4b 5a et 5b disposant d'une structure dont l'épaisseur, blocage exclu, est supérieure à 20cm. Ils représentent environ 37% du réseau, soit une longueur de 3400 kms de route à renforcer. Viennent ensuite les cas où la correction granulométrique s'effectue par incorporation du sol en place ou par apport de matériau complémentaire. Il s'agit des catégories 1 et 4a qui représentent 24% du réseau, soit 2200 kms. En dernier lieu l'on trouve le cas 2 (blocage + pierre cassée) nécessitant une réduction par concassage. Il représente 39% du réseau soit 3600 kms.

Le programme en cours de rénovation des chaussées porte sur 2400 kms de routes ventilé de 1986 à 1989 soit 600 kms par an. L'on obtient sur la base des pourcentages précités :

- . 220 kms de routes rénovables sans correction granulométrique
- . 145 kms de routes rénovables avec apport de matériaux
- . 235 kms de routes rénovables avec réduction des matériaux en place.

Un tel programme permettrait de rentabiliser l'équipement d'une ou plusieurs entreprises même avec du matériel spécialisé du type Renoroute ou Innoroute; s'il était réalisé en totalité.

Or, il faut aussi tenir compte du critère économique.

Pour cela l'on a comparé le coût de la solution traditionnelle du renforcement constitué d'une assise en grave naturelle de type A ou B (GNA ou GNB) de 0,20m d'épaisseur à celui du procédé de retraitement. Cette comparaison a été effectuée pour le cas d'un traitement au ciment sans correction granulaire.

Les calculs effectués pour une chaussée de 4m de largeur font apparaître des coûts très voisins pour les 2 solutions, en admettant un volume de travaux annuel suffisant pour permettre l'amortissement du matériel spécifique au retraitement (voir tableau n°2).

Les autres domaines d'application incluant une correction granulaire, soit par apport de matériau; soit par réduction des gros éléments, seraient plus onéreux que la solution traditionnelle sauf à prendre en compte des avantages résultant soit d'une obligation de maintien de la côte de la chaussée au même niveau par exemple en site urbain; soit d'une moindre fatigue du réseau adjacent occasionnée par le transport de quantités importantes de matériaux. De telles applications sont à examiner cas par cas.

CONCLUSION

La technique du retraitement en place des chaussées anciennes est potentiellement transposable au contexte marocain qui possède une industrie du ciment largement développée et bien répartie sur l'ensemble du territoire.

Le domaine privilégié d'application est celui des chaussées souples dont la couche de base est constituée d'une assise en grave non traitée, supportant un trafic moyen journalier inférieur à 2000 v/j, et situées dans des régions déficitaires en matériau de qualité.

Elle est susceptible d'être étendue à un domaine plus large englobant pratiquement tous les types de chaussées souples de plus de 20 cm d'épaisseur sous réserve de s'assurer dans chaque cas de la compétitivité du procédé vis à vis de la technique traditionnelle de renforcement par apport d'une nouvelle assise en grave non traitée.

La technique du retraitement peut être lancée en utilisant un matériel peu sophistiqué adaptable à d'autres usages tels que le traitement des tirs à la chaux et celui des limons au ciment.

Le retraitement en place des chaussées anciennes est un nouveau créneau d'emploi du ciment dans les techniques routières qui s'ajoutant à ceux déjà expérimentés par le Centre National d'Etudes et de Recherches Routières devrait constituer une incitation supplémentaire à la création d'une industrie routière basée sur l'utilisation du ciment.

ANNEXE N° 1

CARACTERES GENERAUX DES CHAUSSEES MAROCAINES

Les premières chaussées construites au Maroc remontent au début de ce siècle. En 1930 il y avait 1500 km de chaussées recétues. Le réseau s'est étendu progressivement pour atteindre 9300 kms en 1940, 16 000kms en 1960 et 27 000kms actuellement.

Parallèlement les techniques routières ont évolué. Jusqu'en 1960 les chaussées étaient constituées du traditionnel "macadam" posé sur un "hérissou". Pour les plus jeunes d'entre nous qui n'ont pas connu ces techniques nous décrivons brièvement ce que chacun de ces mots renferme. Le "hérissou" est une assise de blocs de matériaux tendres (calcaires, grès, etc...) de

granulométrie discontinue 80/200, mis en place à la main sur une épaisseur de 15 à 25 cm. Le "macadam" est constitué de pierres cassées en matériaux durs (quartzite, basalte, calcaire fin, grès siliceux etc...), de granulométrie discontinue 40/70, mises en place au cylindre lisse sur une épaisseur variant de 10 à 12 cm. Le calage de la pierre cassée est assuré soit par une matière d'agrégation dans le cas du macadam à l'eau, soit par un gravillon dans le cas des macadams en semi-pénétration ou pénétration.

La couche de roulement de ces chaussées est constituée d'un enduit superficiel. L'évolution sous trafic conduit à la production de fines par attrition et à la pollution argileuse par pompage

Cette technique routière a depuis 1960 progressivement disparu pour être remplacée par l'utilisation d'assises en matériaux non liés à granularité continue.

Ce fût tout d'abord des tout venant d'oued ou de carrière 0/60 s'inscrivant dans le fuseau A.A.S.H.T.O. Puis à partir de 1974, les graves semi-concassées ou concassées, à caractéristiques améliorées par traitement mécanique, se sont imposées. Au cours de la dernière décennie, les couches de chaussées en matériaux traités aux liants hydrocarbonnés ont fait leur apparition sur les chaussées à fort trafic.

De ce bref historique nous retenons que les chaussées à renforcer actuellement, dans la tranche d'âge se situe entre 15 et 25 ans et par conséquent construites entre les années 1960 et 1970, sont constitués soit d'une structure traditionnelle en macadam avec ou sans hérisson, soit d'assises en grave à granularité continue. Les plus anciennes des chaussées traditionnelles ont déjà reçu un ou plusieurs renforcements du type macadam ou du type assise non liée

Une campagne de sondages effectuée en 1985 sur 160 sections représentatives d'un réseau de 4000 kms de routes secondaires et de chemins tertiaires nécessitant un renforcement fait apparaître cette diversité dans les structures. Une typologie des différentes coupes des chaussées relevées au cours de cette campagne a permis de classer les chaussées en 7 catégories:

Typologie des structures de routes à renforcer

Nature des matériaux constitutifs				
Catégorie	fondation	couche de base	renforcement	couche de surf- ace
1	-	pierre cassée	-	enduit superfic
2	blocage	pierre cassée	-	" "
3	assise	pierre cassée	-	" "
4a	assise non liée	pierre cassée (e<20cm)	-	" "
4b	assise non liée	pierre cassée (e>20cm)	-	" "
5a	blocage	pierre cassée	assise non liée(e<20cm)	" "
5b	blocage	pierre cassée	assise non liée(e>20cm)	" "

La répartition des sondages au sein de la typologie susvisée est la suivante:

catégorie 1 : 13%
 catégorie 2 : 39%
 catégorie 3 : 3%
 catégorie 4a: 11%
 catégorie 4b: 23%
 catégorie 5a: 3%
 catégorie 5b: 8%

ANNEXE 2 BIBLIOGRAPHIE

.LPEE - 3° PR - Programme général des renforcements - 1er tranche -rapport général de synthèse

LPEE - Réaménagement du réseau secondaire et tertiaire. Sondage 1ère phase - rapport n° 1 - 2 et 3 n°84.161. 1.009 des 27.9.85, 3.12.85 et 15.01.86.

LCPC - SETRA - Manuel de conception des chaussées neuves à faible trafic. Juillet 1981.

P.BONTHOUX - Remise en état des chaussées par retraitement des matériaux en place.

Nouvelles techniques pour la Route - colloque
ENPC - Paris 28. 30 Octobre 1985.

J. BETOUX - Renoroute: un procédé RAZEL de rénovation des chaussées.

Nouvelles techniques pour la route - colloque
ENPC - Paris 28 - 30 Octobre 1985.

C. BOUCHU, J. BETOUX, C. ORLANDI, J.C. REDON- Le procédé
rénoroute. Travaux - Supplément Février.

H. DELAVENAY, R. GUILLON, E. WIATS - L'Arc 600 - L'atelier de
reconditionnement de chaussée. Travaux - Supplément Février 1986.

SETRA - Retraitement en place des chaussées . Note
d'information numéro 23 - Septembre 1986.

TABLEAU N° 1 : TYPE DE TRAITEMENT PAR CATEGORIE DE STRUCTURES

Catégorie	Désignation de la structure	dislo-	Correction granulo-	liant hydro.	Mal-	Réglage	couche
		cation	apport	rédu	avec	ciment	chaux
		apport	sol	cton	sol	(1)	
1	Pierre cassée + ES	X	X		X	X	X
2	Blocage + pierre cassée + ES	X		X	X	X	X
3	Assise non liée + pierre cassée + ES	X		X	X	X	X
4a	Assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm	X	X		X	X	X
4b	Assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm	X			X	X	X
5a	Blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur inférieure à 20 cm	X			X	X	X
5b	Blocage + pierre cassée + assise non liée d'épaisseur supérieure à 20 cm.	X			X		X

(1) uniquement si les matériaux en place sont pollués (cas des blocages et pierres-cassées) ou si leur humidité est supérieure à celle de l'OPH.

TABLEAU N° 2 - ETUDE COMPARATIVE DES PRIX (base 1986)

Calcul effectuée pour 1km de chaussée de 4m de largeur avec 2 accotements de 2,00m.

DESIGNATION DES OPERATIONS:REINFORCEMENT TRADITIONNEL				RETRAITEMENT EN PAGE		
	Quantité	prix unitaire	Dépense	Quantité	prix unitaire	Dépense
dislocation de l'ancien-ne chaussée	-	-	-	4000 m²	inclus dans traitement	
apport grave (GNA)	800 m³	120	96000	-		
règlee et compactée (1)	-	-	-	100t	700	70.000
fourniture et transport de ciment en vrac (2)	-	-	-	800 m³	85	68400
malaxage, réglage et compactage (1)	6t	4000	24.000	4000 m²	2,2	8.800
imprégnation ou protection dissécatrice	4000 m²	13	52.000	4000 m²	13	52.000
enduit superficiel (bicoche)	4000m²	12	48.000	-	-	-
rechargement des accotements	-	-	-	4000 m²	1,50	6.000
règlage des accotements						
Total par km			220.000			205.200

(1) L'épaisseur du renforcement traditionnel et du retraitement en place est de 0,20 m.

(2) dosage en ciment 6% distance de transport 100 .