

RECYCLAGE DES ENROBES
BITUMINEUX

OUADGHIRI IDRISSE Az-eddine
Service Conception et Structures de Chaussées
C N E R - D R C R

I - INTRODUCTION :

La motivation principale de la technique de recyclage réside dans la valorisation d'un enrobé dégradé et la réutilisation des granulats anciens. Elle offre dans le contexte actuel, un intérêt certain, car elle est économe en bitume, en granulats et en énergie.

La technique de recyclage, connaît de nos jours des axes de recherche très poussés dans les pays européens. Quoiqu'elle soit inexistante à l'échelle nationale, cette technique résoud bien des problèmes d'entretien des chaussées. L'intérêt d'introduire cette technique de recyclage est fondée essentiellement sur :

- son aspect technique
- son adaptation aux conditions locales
- la réutilisation des granulats avec correction en cours de fabrication .

Il est évident que tout effort, même petit, visant à la moindre économie énergétique doit être encouragé.

Pour répondre aux aspects cités ci-avant, le rapport tentera de présenter à partir de la bibliographie les différents procédés de recyclage et leurs applications de manière générale tout en discutant la possibilité de leur adaptation au contexte national.

II - DEFINITIONS

A - Recyclage .

Le recyclage des enrobés est une technique classée parmi les nouvelles de rénovation des chaussées souples. Le recyclage consiste à compenser les défauts de l'enrobé ancien et à le restituer dans l'état le plus proche possible de celui d'un enrobé neuf et ceci selon les deux opérations.

- Fraisage de la couche d'enrobé
- mélange des fraisats récupérés avec une certaine quantité d'agrégat, de bitume et d'agent régénérant de bitume pour donner un nouvel enrobé de bonne qualité.

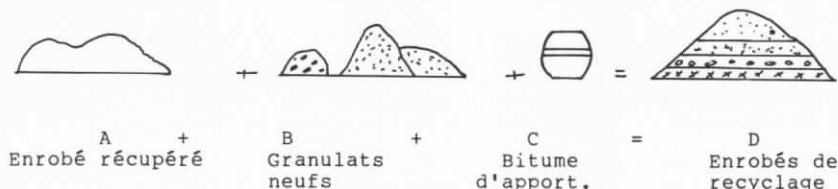
Les différents constituants sont définis à l'issue d'une étude préliminaire et, une fois choisis, le matériel de fabrication doit permettre une recombinaison constante à l'intérieur de limites de variation du même ordre que celle généralement admise, pour les enrobés neufs.

Le recours au procédé de recyclage s'explique par une sensibilité de l'enrobé à l'ornièrage, à la fatigue de la couche de roulement, ou faïençage etc.....

Le mélange est effectué sur place (in-situ) dans le cas d'un recyclage sur place, et en centrale dans le cas d'un recyclage en centrale.

B - Taux de recyclage

On appelle taux de recyclage, le rapport du débit moyen d'enrobés récupérés introduits dans une centrale d'enrobage adaptée au recyclage ; au débit de production. Autrement dit c'est le rapport entre poids d'enrobé fraisé et le poids d'enrobé de recyclage.



$$\text{Taux de recyclage} = \frac{A}{A + B + C} = \frac{A}{D}$$

On distingue pour les enrobés bitumineux deux types de recyclage en centrale :

Le recyclage dit à "faible taux" consistant à introduire de 10 à 20 % d'enrobé de récupération au bas de l'élévateur à chaud d'une centrale d'enrobage classique.

Le recyclage dit "à fort taux" qui consiste à fabriquer un enrobé bitumineux en utilisant un enrobé de récupération de 50 à 70 %, voire plus, du matériau final.

C - Fractionnement de l'enrobé à recycler

1 - Fraisage et utilisation immédiate des fraisats

La technique de recyclage a fait naître une nouvelle conception du fraisage à froid des chaussées. L'objectif est de produire un matériau pouvant être réintroduit directement dans le poste de recyclage.

La plupart des fraiseuses opérant actuellement travaillent avec leur rotor, attaquant le matériau de bas en haut. Ce mode produit une proportion non négligeable de plaques (proportion qui peut devenir importante dans le cas d'enrobés faïencés ou décollés du support).

On distingue alors deux modes de fraisage :

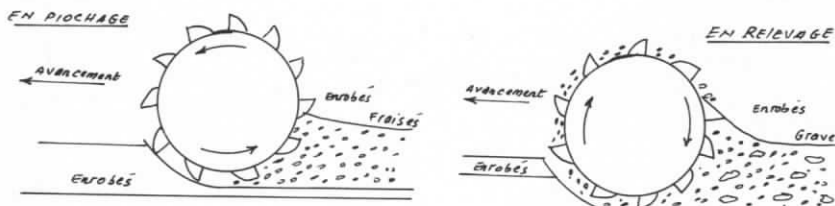
- en piochage (en inversant le sens du rotor). Ce mode permet de remédier au phénomène cité ci-dessus.

- en relevage (dans le sens normal de rotation) Ce mode permet l'attaque du bas en haut.

Par comparaison systématique, il apparaît que le fraisage avec attaque de haut en bas produit infiniment moins de gros éléments que l'inverse.

Pour obtenir la granulométrie apparente 0/25, généralement demandée, on joue sur la vitesse de travail des fraiseuses.

Cette granulométrie permet une bonne introduction des matériaux dans le tambour et assure une bonne homogénéité à l'enrobage. Le fraisage à froid diminue le diamètre D environ de 2 mm et crée 3 à 4 % de fines supplémentaires par rapport à la formule initiale de l'enrobé.



On procède à des essais de fraisage préalable pour pouvoir dimensionner l'atelier de fraisage.

2 - Concassage ou granulation de plaques de relevage.

Avant cette opération, les plaques en proportion importante, conduisent à un déficit en matériaux qu'il faut alors compenser par apports soit de fraisats supplémentaires, soit de granulats et d'émulsion.

La méthode de criblage impose la constitution d'un stock intermédiaire de fraisats entre les opérations de fraisage et de traitement.

Vient par la suite l'opération de concassage qui appelle deux remarques :

- Lorsqu'on part d'un stock d'enrobés de plusieurs origines, le concassage, à la différence de la granulation, homogénise les granulométries des produits utilisés (réduction de la GB 0/20 et de BB 0/14 à un 0/10).

- Le concassage d'enrobés produit une quantité non négligeable de fines crues. Il s'agit là d'un point important et on doit veiller à régler le concassage de manière à éviter un excès de fines.

III - MODES DE RECYCLAGES

A - Recyclage en centrale

1 - Description du matériel

La centrale se compose comme suit :

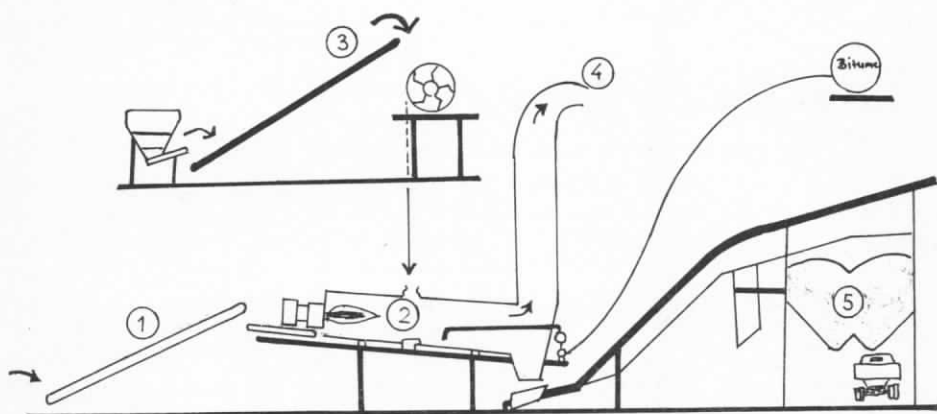
- Une fraise à froid avec un tambour.
- Une balayeuse
- Une répandeuse à émulsion
- Un atelier de mise en oeuvre d'enrobé classique (un de secours)

- Un compacteur à pneus
- Un tandem, plus un rouleau
- Des camions bennes
- Une centrale discontinue 200 t/h plus une trémie à dosage volumétrique pour les matériaux à recycler introduits au pieds de l'élévateur.

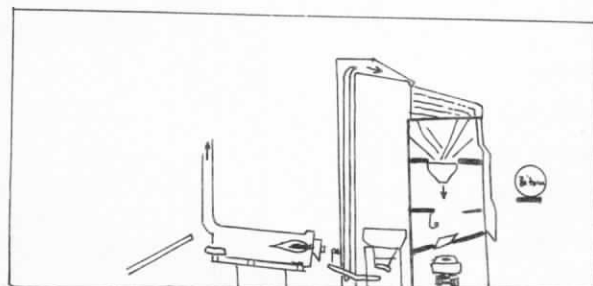
On distingue en général deux types de centrales:

- à postes d'enrobages fixes, classiques
- à tambours sècheurs enrobeurs (fixe ou mobiles)

Ces matériels devront avoir au préalable une adaptation appropriée :



PRINCIPE DU RECYCLAGE EN CENTRALE TSÉ - R



RECYCLAGE EN POSTE FIXE

- dispositif de réception et convoyage aux doseurs pour un poste classique avec éventuellement un petit concasseur ou émetteur.

- Trémie de réception, dispositif de convoyage, dispositif de dosage et anneau d'introduction dans le tambour du poste tambour sècheur enrobeur.

2 - Fonctionnement et performance de travail du matériel

A partir de l'expérience des pays avancés en ce domaine, on annonce les performances de 65% de récupération des granulats et 3,5 % de bitume. Cette performance est loin d'être négligeable.

Actuellement, les axes de recherches s'orientent vers une méthodologie complète et cohérente de recyclage en ce qui concerne l'identification de l'enrobé de récupération et les corrections à lui apporter, tant en ce qui concerne la granulométrie que le bitume.

La tendance actuelle s'oriente vers un recyclage systématique à faible taux : 15% et ne concerne que la couche de surface.

B - Recyclage en place :

1 - Description du matériel :

La machine actuelle de mise en oeuvre comporte d'une part pour la mobilisation de la couche existante :

- Une fraise rotative
- Un convoyeur des matériaux récupérés vers un malaxeur chauffé.
- Un système de chauffage autoporté.
- Une ligne de peignes de foisonnement.
- Une double vis de récupération de mise en cordon pour le transfert vers un malaxeur.

-Une règle de lissage et de nivellement du fond de forme susceptible de travailler jusqu'à 7 cm de profondeur.

D'autre part, pour la correction de l'enrobé

- Une trémie de réception des enrobés correctifs
- Un transporteur calorifugé
- Une trémie de stockage pour assurer une charge constante de matériaux d'apport
- Un système de dosage des matériaux correctifs
- Un transporteur à barrettes calorifugé pour l'amenée des matériaux au malaxeur et, enfin pour l'application de l'enrobé recyclé rénové.
- Un ensemble de chauffage du fond de forme et des joints latéraux.

Une table d'application lourde, chauffante, vibrante.

L'unité de recyclage présente 17 mètres de long, 2,50 à 4,0m de large, 3 m de haut et 33 t à 38 t à pleine charge.

La vitesse de déplacement, qui dépend essentiellement des conditions climatiques et de la nature des enrobés à traiter ; est de l'ordre de 3m/mn. Ce qui permet de traiter en une nuit de travail 2400 m2 environ.

2 - Fonctionnement de la machine :

La machine de recyclage en place est un ensemble monobloc fonctionnant suivant le principe suivant :

A son avant, sous la trémie de réception, des enrobés neufs d'apport, se trouve une fraise relative capable de démonter la surface de l'enrobé de 2 à 3 cm d'épaisseur. Cette fraise est conçue pour travailler à chaud d'où la nécessité pour son utilisation de faire précéder la machine de recyclage d'une préchauffeuse.

Le fraisat rassemblé au centre de la vis est repris sur une bande transporteuse et convoyé vers un malaxeur.

De la trémie de réception, une seconde bande transporteuse amène l'enrobé neuf correcteur à ce même malaxeur après passage par une trémie tampon qui assure le dosage.

Derrière la fraise se situent des éléments de panneaux chauffants, puis un système de foisonnement. Une double vis rassemble les enrobés foisonnés en cordon au centre de la machine, cordon qui est calibré par une lame servant également au nivellement de fond de forme. Ce cordon calibré est repris pour alimenter le malaxeur chauffé, comportant deux arbres à palettes et mélangé avec la totalité du fraisat à laquelle vient s'ajouter un certain dosage d'enrobés neufs.

Après le malaxeur, l'enrobé recyclé est mis en oeuvre par un ensemble classique chambre de répartition et table vibrante analogue à celle du finisseur classique.

Une citerne équipée d'un dispositif de dosage, non utilisée sur le chantier, existe également sur la machine de façon à pouvoir injecter au niveau du malaxeur un agent régénérant .

IV - DOMAINE D'EMPLOI

L'objectif visé , à savoir la remise en bon état par restitution de profils en travers et longitudinaux comparables à ceux d'une nouvelle couche de roulement, a bien été atteint par l'emploi du procédé de recyclage en place et en centrale.

A - Avantages de la technique de recyclage

La technique de fraisage pourrait apporter des solutions à plusieurs problèmes dont voici quelques exemples :

- 1) Chaussée orniérée, faïencée et comportant des nids de poules sur un revêtement en enrobé.



-Epaisseur moyenne de la couche d'enrobé 50 mm.

-Largeur de la chaussée 7 m.

1) solution traditionnelle consiste à reprofiler la chaussée puis poser un nouveau tapis d'enrobé. L'épaisseur minimum recommandée étant de 7 à 8 cm.

Quantité nécessaire d'enrobé neuf :
 $q = 0,075 \times 7 \times 1000 \times 2,44 = 1281 \text{ t /km.}$



2 - Inconvénient

-apparition ultérieure de déformation suite au compactage différentiel.

-Obstruction des files d'eau le long des bordures

-Travaux annexes supplémentaires.

. Relèvement indispensable des bouches d'égoûts et autres accessoires et voirie.

. Relèvement des barrières de sécurité

-Le raccordement de la chaussée aux voiries latérales est nécessaire.

-Entrave à la circulation se fait plus sentir du fait de la lenteur de la méthode.

Solution "A"



Fraisage jusqu'à mi-profondeur 25 mm de la couche d'enrobé .

Solution "B"



Fraisage de la couche d'enrobé sur toute son épaisseur.

Quantité nécessaire d'enrobé neuf

!	!	Solution A	!	Solution B	!
!	t		!		!
!	Taux de recyclage = 50%	!	$q=0,025 \times 7 \times 1000 \times 2,44$ $\frac{1-0,50}{0,50}=427 \text{ t/km}$	!	$q=0,050 \times 7 \times 1000 \times 2,44 \times$ $\frac{1-0,50}{0,50}=854 \text{ t/km}$
!		!	Soit 66% en moins par rapport à la solution traditionnelle	!	Soit 33% en moins par rapport à la solution traditionnelle
!		!		!	
!	Taux de recyclage = 25%	!	$q=0,025 \times 7 \times 1000 \times 2,44$ $\frac{1-0,25}{0,25}=1281 \text{ t/km}$	!	$q=0,050 \times 7 \times 1000 \times 2,44$ $\frac{1-0,25}{0,25}=2562 \text{ t/km}$
!		!		!	

Remarque: Plus le taux de recyclage est grand, plus la quantité d'enrobés neufs nécessaire est petite. Il y a donc avantage ou non suivant que le taux de recyclage est atteint. Ce qui impose des conditions sur la centrale d'enrobage utilisée.

2 - Revêtement légèrement orniéré ou ondulé .

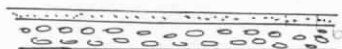
Orniérage



Ondulation.



chaussée
reprofilée.



3 - Chaussée déformée, surélevée avec caniveaux obstrués



Chaussée déformée
surélevée avec
caniveaux



Fraisage de la
couche de roulement
avec correction des
profils .



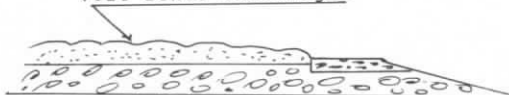
nouveau revêtement.

Avantages :

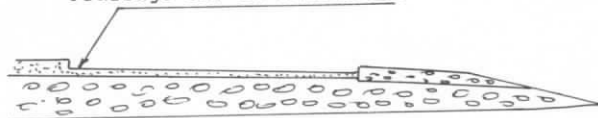
- .meilleur écoulement
- .mis à jours des caniveaux
- .mise à niveau de la chaussée
- .amélioration de la sécurité et de l'uni de surface.
- .déformations seront moindres ultérieurement
- .les produits de fraisage pourront être recyclés.
- .coût de l'entretien moindre à long terme.

4 - Déformation et ornièrage sur la voie lente d'une chaussée à double circulation.

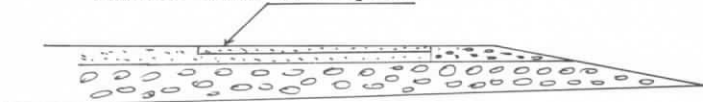
Voie lente endommagée



Fraisage sur la voie lente



Rechargement de la voie lente avec des enrobés neufs ou recyclés

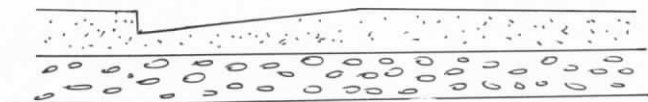


Avantages.

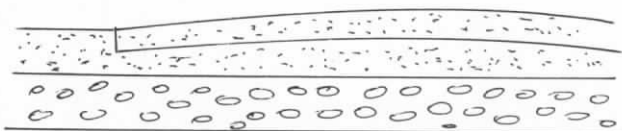
- .Ecoulement de l'eau et qualité d'uni meilleurs
- .Amélioration de la sécurité, danger d'aquaplaning éliminé.
- .Le niveau de la chaussée est maintenu
- .Economie de matériaux. les travaux sont effectués sur une seule voie.
- .Pas de relèvement de barrière de sécurité.
- .Pas de raccordement de la chaussée aux voiries latérales.
- .L'entrave à la circulation est limitée : les travaux ne touchent que la voie lente.

5 - Joint de raccordement lors d'un rechargement

Ancrage avant rechargement



Rechargement (le joint est à peine visible).



Les revêtements endommagés dans les souterrains et sur les tabliers de ponts, devront trouver des solutions très acceptables par le biais de l'option fraissage.

B - Provenance des matériaux

Les enrobés à recycler proviennent :

- Soit des stocks constitués progressivement par la récupération d'enrobés de démolition de chaussée ou trottoirs ou bien d'enrobés fraisés lors d'intervention localisées.

- Soit des couches supérieures de démolition d'une chaussée pour laquelle l'option recyclage a été optée .

- une identification des couches et faite préalablement par examen de données existant disponibles dans les cahiers de chantiers ,graphiques routiers et par analyse d'échantillons prélevés par carottage

C - Comparaison des deux procédés de recyclage

Le domaine d'emploi du recyclage en place est pratiquement voisin du recyclage en centrale.

Le recyclage en place s'applique aux cas où les solutions classiques d'entretien par enduisage et enrobés en couche mince ne peuvent convenir pour diverses raisons :

- Déformation excessive des profils
- Correction de formules déficients par leur granularité et, ou leur dosage en liant.
- Suppression de défauts de collage entre couches, ou de fissurations excessives.

Comme il se pratique en place, il ne s'adapte pas à la récupération de stocks d'enrobés de démolition ou de fraisage. Ce qui reste bien entendu le domaine privilégié du recyclage en centrale.

D - Caractéristiques spécifiques-cloutage

Afin de réduire au mieux les différences de texture superficielle et améliorer la macro-rugosité de la chaussée, on adapte le cloutage qui ne pose pas de problèmes particuliers autres que ceux inhérents à cette technique.

L'enrobé recyclé support de cloutage, présente une homogénéité satisfaisante sauf en ce qui concerne la teneur en fine.

Les liants récupérés après cloutage ne montrent pas d'altération anormale à leurs caractéristiques principales.

L'amélioration escomptée des propriétés de résistance aux déformations permanentes sera limitée en fonction de :

- impossibilité d'un apport de correcteur important (recyclage à taux très élevé imposé par les impératifs de raccordement à niveau).

- impossibilité d'employer un correcteur plus efficace en raison des variations de dosage que laissait prévoir l'auscultation préalable du support.

Si l'on considère cependant que par rapport à l'enrobé d'origine, l'enrobé recyclé se caractérise par :

- une diminution de la teneur de liant
- un liant plus dur que le liant d'origine
- une courbe granulométrique plus grenue
- une diminution de la teneur en sable roulé
- une courbe de compactage satisfaisante.

on peut espérer que son comportement sous trafic sera suffisamment amélioré pour lui conférer une tenue acceptable compatible avec les exigences de service.

V - ETUDE ET EVALUATION DES PERFORMANCES DE L'ENROBE

A - Evaluation du gisement de l'enrobé

Une opération de recyclage n'est réalisable que si le "gisement" d'enrobés est important en quantité et suffisamment homogène en termes granulats, granulométrie, teneur et caractéristiques du liant vieilli.

L'historique de la chaussée, suivi par une étude géométrique du support existant permettant l'identification et l'évaluation du "gisement". On effectue alors des profils en travers, et on exploitera par calcul des surfaces existantes entre les profils réels et une droite théorique reliant les bords intérieurs de marquage.

Ces surfaces se traduisent en général par un manque de matière par mètre-carré, par rapport au profil idéal précédemment défini. On prend en général, une masse volumique apparente d'enrobé de 2,40 g /cm³.

B - Identification de l'enrobé

Elle se fait par des prélèvements effectués à froid par découpe de plaques d'environ 1,5 m² dont l'emplacement est choisi sur l'ensemble du chantier, de disposer d'échantillons moyens caractérisant l'ensemble de la production.

Les échantillons prélevés à froid sont considérés comme représentatifs des enrobés au moment du recyclage et, outre les essais d'identification, ils servent également de matière de base pour les études de formulation des enrobés recyclages en laboratoire.

Cette étude s'oriente vers un compromis conduisant à un mélange suffisamment homogène, tout en améliorant les propriétés de l'enrobé d'origine vis à vis des déformations permanentes.

Sur chaque prélèvement, on détermine :

- La granulométrie de l'enrobé après fractionnement.

- La teneur en liant

- La pénétration, la température bille et anneau de la teneur en asphaltènes du liant.

- La granulométrie du minéral après extraction est donnée par des valeurs moyennes et extrêmes du gisement.

1 - Choix de l'émulsion

Le liant régénérant est choisi de manière à restituer au liant vieilli souplesse et adhésivité. Les performances visées pour le mélange liant vieilli-liant régénérant sont fonction des sollicitations prévues pour le recyclage (trafic) climat, support, proposition dans la structure).

Les critères du choix sont la consistance du liant et la balance asphaltènes - maltènes.

La formulation de l'émulsion est fonction de la granulométrie et l'état spécifique de la chaussée (dispersion du liant, enrobage correct, vitesse de rupture).

La détermination des optima de dosage en liant régénérant et de teneur en eau totale se fait par étude Duriez et presse à cisaillement giratoire.

L'étude Duriez, sur les formules proches de l'optima, donne les mesures de résistance (compression simple L C P C et traction par fendage) pour une formulation donnée, les résistances mécaniques dépendent notamment des conditions de cure (température - ventilation).

A conditions données, elles augmentent de manière significative en fonction du temps (Départ d'eau et murissement du liant).

L'étude de la presse à cisaillement giratoire (PCG) est très peu représentatif, en raison des problèmes spécifiques (présence d'eau excédentaire, murissement).

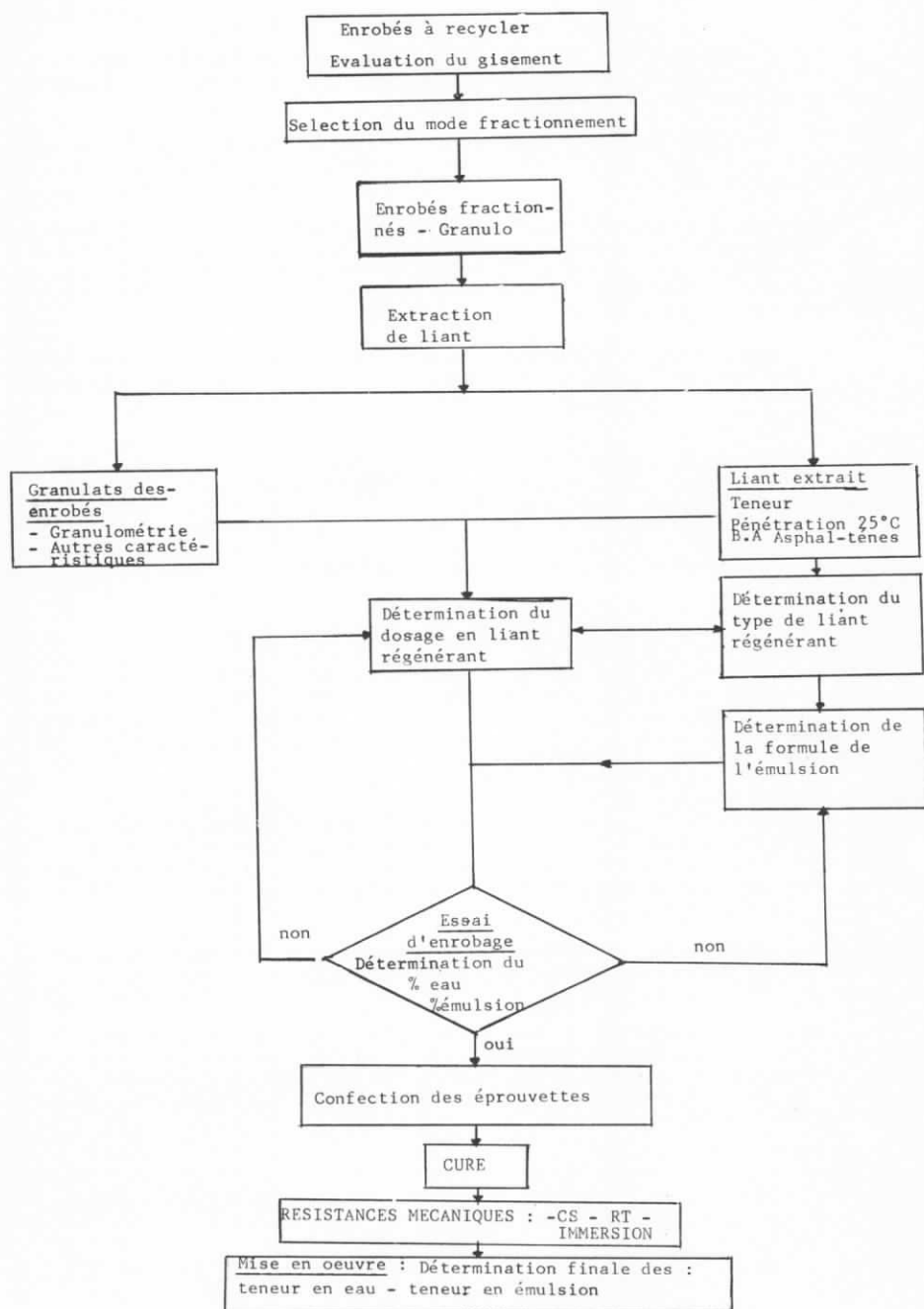
2 - Schéma de principe de recyclage

Les différences de qualité peuvent être légères ou importantes. Ces différences peuvent aussi être constatées sur les enrobés de fabrication, soit parce que le bitume ou les granulats constitutifs proviennent de livraisons différentes ou que les conditions de fabrication (température d'enrobage notamment) ont varié ce qui a pu donner un bitume de sensibilité plus forte au vieillissement.

A partir de ces premières investigations on établira des lots d'enrobés homogènes, ou plutôt d'hétérogénéité limitée, soit en séparant les stocks selon la provenance soit en sélectionnant des sections de routes homogènes, ce qui impliquera aussi un tri au moment du stockage.

La réussite de la formulation est acquise lorsqu'à un poids d'enrobé en place, on ajoute un poids constant de correctif.

Ceci est difficile à atteindre d'une manière rigoureuse, à cause des variations importantes des profils des chaussées (d'où la nécessité de l'analyse du profil en travers) et impossibilité actuelle pour le matériel de lier le volume d'apport de correctif au volume traité en place.



VI - FACTEURS D'ETUDE DE LA TECHNIQUE DE RECYCLAGE

Le recours au procédé de recyclage s'explique par une sensibilité à l'ornièrage, une fatigue de la couche de roulement, faïençage....

On situe les conditions favorables de la technique de recyclage, lorsque la couche de roulement est fatiguée et présente des fissures transversales, développées et dégradées. Aussi, elle est commandée par

- Une importance de gisement
- La qualité d'enrobés récupérés
- La nature du matériel d'enrobage.

A - Recyclage en centrale

Les coûts des enrobés de recyclage dépendent en particulier de la distance de transport des enrobés fraisés. La solution de recyclage en centrale est intéressante lorsque les distances de transport sont courtes.

La possibilité de valoriser les enrobés fraisés dépend de leur teneur en bitume, du prix des granulats à proximité du chantier, ainsi que du taux des enrobés de recyclage et des enrobés conventionnels.

Le surcoût de la production des enrobés de recyclage joue un rôle d'autant plus défavorable que le taux de recyclage est plus faible.

Voici une comparaison économique quantitative simplifiée entre enrobés de recyclage et enrobés neufs.

F = le coût d'une tonne de granulats neufs
s = le surcoût de la production d'une tonne d'enrobé de recyclage.

G = Coût d'une tonne de granulats neufs
B = Coût du bitume de la production d'une tonne d'enrobé fraisé.

Le surcoût de la production d'une tonne d'enrobé fraisé recyclé est $100 \times \frac{s}{\alpha}$

α étant le taux de recyclage.

Le coût des granulats d'une tonne d'enrobé fraisé est

$$F = 100 \frac{s}{\alpha} - B$$

Les enrobés de recyclage sont alors moins chers si:

$$F = 100 \frac{s}{\alpha} - B < G$$

Le coût des enrobés de recyclage a donc autant plus de chance d'être inférieur à celui des enrobés neufs que :

G est élevé (région pauvre en matériaux)
B est élevé
F et S faibles
 α est plus fort.

B - Recyclage sur place

Le chantier de recyclage en place répond aux caractéristiques plutôt techniques :

- une bonne recherche de la correction de la granulométrie
- absence de besoin de régénération des liants
- taux de recyclage très variable.

La quantité d'enrobés à recyclage a des variations non négligeables ce qui implique un apport constant d'enrobés neufs, des variations du taux de recyclage pouvant atteindre des limites incompatibles avec des objectifs de qualités recherchés.

Vu sous cet angle, le procédé y prend certes une partie de son caractère économique.

La lacune de matériels de mise en oeuvre et de fabrication, le recyclage et la formation du personnel, la maîtrise de la techniquesont les raisons pour lesquelles le procédé y perdrait certainement une grande partie de son caractère économique et son adaptation au contexte national.

VII - COMPARAISON ECONOMIQUE

Dans ce chapitre, on compare les coûts économiques d'une tonne d'enrobé recyclée et d'une tonne d'enrobé classique. Aussi, on prend seulement le cas de l'autoroute pour un fraisage de fond de 7 cm.

En se calant sur l'expérience française, pour l'entretien des sections fortement dégradées de la 1ère et 2ème tranche d'autoroute, on envisagera alors deux solutions :

- Solution classique prévoyant, le petit entretien et le renforcement de la couche de roulement par un enrobé neuf (colonne 11)

- Solution de recyclage adoptée permettant de réutiliser à un taux de 65 % le matériau fraisé pour réaliser le matériau fraisé. On prévoit alors un fraisage en deux passes :

- .La première sur 5 cm donnant un matériau à recycler

- .La deuxième sur 2 cm au niveau de l'interface défectueuse (colonne 1).

**TABLEAUX DE COMPARAISON ENERGETIQUE
DES DEUX METHODES D'ENTRETIEN**

Les hypothèses retenues pour le contenu énergétique des composants de l'enrobé sont les suivant en thermies par tonne :

-Granulats de roches massives rendus sur aire.....	30th/t
-Sables naturels rendus sur aire.....	13th/t
-Fines rendues sur aire.....	228th/t
-Fraisage.....	0,5th/km
-Transport par camion.....	9660th/t
-Bitume.....	160th/t
-Fabrication.....	78 th/t
-Mise en oeuvre.....	4 th/t

On suppose que la distance moyenne de transport des matériaux fraisés et des enrobés est de 15 kms

	Solution Recyclage	Solution Renforcement
-Matériaux fraisés	10	10
-Transport matériaux fraisés	3,7	-
-Granulats de roches massives	10,8	26,1
-Sables roulés	-	1,3
-Fines	-	4,6
-Bitume	191,3	550,6
-Fabrication	78	78
-Transport de la centrale au Chantier	7,5	7,5
-Mise en oeuvre	4	4
TOTAL EN th/t	305	686

**TABEAU DE COMPARAISON ECONOMIQUE
DES DEUX METHODES D'ENTRETIEN (1)**

	Prix unitaire d/t	Solution recyclage (I) coûts des constituants	Solution Renforcement (II)
-Matériaux fraisés sur 5cm	60 dh		-
+ transport	88 dh	88 dh	
- Matériaux fraisés sur 2-	115 dh		
cm + transport	169 dh	169 dh	-
1) Granulats roches massi- ves	74 dh	27 dh	64 dh
2)-Sables roulés	50 dh	-	6 dh
3)-Fines d'apport	88 dh	-	1,6 dh
4)-Bitume	2582 dh	31	147 dh
5)-Fabrication			
6)-Transport de la centra- le au chantier			
7)- finition fond de forme + couche d'accrochage		209 dh	175 dh
8)-Mise en oeuvre			
9) Installation de chant- ier + études et contrôles		15 dh	15 dh
TOTAL EN DH /TONNE		539 dh	348 dh

Ce sont des valeurs énergétiques françaises propres à un chantier d'autoroute.

D'après le tableau de comparaison n°1, il apparait que la technique classique de renforcement présente une économie de 35% par rapport à la technique recyclage.

Cependant, cette dernière présente une économie énergétique de 56 % par rapport à la technique de renforcement.

A partir de ces considérations, il apparait que la technique de recyclage ne peut s'adapter au contexte marocain. Elle est tributaire de plusieurs paramètres d'ordre technique et économique.

De nos jours, la chute des prix pétroliers, recule la percée de la technique de recyclage.

C O N C L U S I O N

La reféction de la surface de chaussée peut conduire à la récupération de la couche supérieure après démolition ou fraisage pour subir par la suite une valorisation.

Avant de prendre l'option de recyclage des enrobés, il convient de faire une simulation qui permettra d'appréhender l'état de comportement de la structure, qu'il serait regrettable d'affaiblir de quelque manière que ce soit.

D'autre part de faire une étude comparative économique et énergétique.

Cependant, il apparait clair (à partir du cas d'un chantier) que la technique de recyclage présente un déficit de 35% du point de vue économique et un gain de 56 % du point de vue énergétique.

D'autre part, dans le contexte national, cette technique est tributaire de la politique énergétique et plus particulièrement de la politique générale d'entretien de la D R C R.