

ÉMULSION DE BITUME :
TECHNIQUES
ET APPLICATIONS

Abdelaziz DAHBI (BITUMA)

Les émulsions de bitume habituellement utilisées dans l'entretien et la construction routière sont soit du type anionique, soit du type cationique. Le type de l'émulsion est caractérisé par le signe de la charge des particules de bitume qui composent le mélange. Ce signe est conditionné essentiellement par l'émulsifiant employé dans la fabrication de l'émulsion.

Les émulsions anioniques sont les plus anciennes, mais leur utilisation est fortement limitée à cause de leur faible adhésivité vis-à-vis de certains granulats siliceux, et de leur système de rupture par évaporation de l'eau, qui les rend sensibles aux conditions climatiques et en particulier à la température et à l'humidité.

Les émulsions cationiques, développées initialement en France à la fin des années 50, ne présentent pas ces inconvénients et actuellement plus de 85 % de la production mondiale est du type cationique.

Le développement des applications spécifiques pour la route a été facilité par la grande faculté d'adaptation des émulsions bitumineuses aux applications de plus en plus variées, et par le choix de la formulation employée ainsi que du liant de base.

Ceci a conduit à un accroissement progressif et important de la consommation totale depuis sept décennies estimée actuellement à environ 16 millions de tonnes pour la production mondiale.

Les quatre principaux producteurs sont par ordre : les Etats-Unis, la France, l'Espagne et le Japon qui fabriquent approximativement 40 % de la production mondiale.

Ce développement important des émulsions a été rendu possible par la mise au point de nouvelles formulations, l'amélioration des matériels de production et de mise en œuvre, la mise à disposition de nouvelles méthodes de réalisation et la diversification des domaines d'emploi.

La présente communication vise à faire le point sur l'émulsion de bitume et ses applications au Maroc et montrer les progrès récents en la matière.

2. CARACTERISTIQUES ET SPECIFICATIONS:

En cette matière, tout l'art consiste à marier pour un temps plus ou moins long, des liquides incompatibles entre eux, le bitume et l'eau. Le mélange fabriqué doit se conformer aux spécifications et caractéristiques réunies dans le CPC (Cahier des Prescriptions Communes Applicables aux Travaux Routiers Courants) et complétées par le CPS éventuellement et les directives et circulaires d'application de la DRCR.

l'émulsion de bitume, est un produit simple et compliqué en même temps. Simple parce qu'il s'appuie sur des caractéristiques simples à vérifier, et compliqué, puisque les domaines d'emploi sont diversifiés et chaque technique exige des propriétés qui lui sont propres.

l'émulsion de bitume offre ainsi une richesse d'emploi, qui doit nécessairement être accompagnée d'un savoir-faire et d'un professionnalisme maîtrisé.

Une émulsion est définie par sa nature (cationique ou anionique), sa teneur en liant et ses caractéristiques physiques. Elle est aussi classée en fonction de sa viscosité et de sa stabilité. Les principales caractéristiques sont récapitulées au tableau ci-joint.

Le liant de base

On fabrique l'émulsion à partir d'un bitume de base répondant aux spécifications suivantes du CPC fascicule 5, cahier n°5:

Point de ramollissement	41 à 51
Pénétrabilité à 25°C	80 à 100
Densité relative à 25°C	1 à 1.07
Perte de masse	< 2
% de Pénétrabilité restante	> 70
Point d'éclair	> 230
Ductilité	> 100
Solubilité	< 99.5
Teneur en paraffine	< 4.5
Pénétrabilité résiduelle	> 47

Ces spécifications sont relatives au bitume de classe 80/100. Le liant de base

constitue le produit final qui nous intéresse et qui va constituer l'application sur chantier, puisque l'émulsion va rompre et les autres constituants vont disparaître. Les caractéristiques du bitume pur sont très importantes aussi bien pour l'émulsification que pour la qualité finale de réalisation. La susceptibilité thermique du bitume pur est une caractéristique qu'on doit suivre par le biais de l'indice de Pénétrabilité. Sa variation renseigne sur l'origine du brut et son comportement futur vis-à-vis des conditions climatiques.

L'émulsion de bitume

1 - la viscosité : intervient pour le transfert de l'émulsion à travers les canalisations, le pompage et le répandage et pour la réalisation des travaux. Une émulsion visqueuse est exigée pour un enduit superficiel, par contre une émulsion fluide est exigée pour une imprégnation. Il faut noter que la valeur de la viscosité est fonction de la température d'emploi et que la rupture partielle de l'émulsion modifie souvent les mesures de la viscosité.

2 - l'homogénéité :

intervient lors du répandage de l'émulsion et la présence de particules de liant est susceptible de provoquer des irrégularités de répandage. Il faut noter que la prise d'échantillon est importante et que l'émulsion, surtout à rupture rapide, a tendance à se décanter davantage. Tant que le refus est inférieur à 5% sur le tamis de 63 microns aucune répercussion n'est possible sur le comportement technologique des émulsions.

3 - l'adhésivité :

caractéristique importante qui renseigne pour le choix de l'émulsion la plus adaptée à l'usage auquel elle est destinée. Cette caractéristique est fonction de :

- la nature du bitume employé et des additifs,
- du pH de l'émulsion,
- la nature minéralogique du granulat,
- la nature et la qualité de l'émulsifiant utilisé.

4 - la vitesse de rupture : est un phénomène de surface qui dépend de la nature et de la granulométrie du matériau minéral. La vitesse de rupture doit

être choisie en fonction de l'application. Pour les travaux d'enduit superficiel on choisit une émulsion à rupture rapide, pour les travaux d'entretien on doit choisir plutôt une émulsion à rupture moyenne ou lente. On peut aussi agir directement sur l'émulsion au moment de la mise en oeuvre pour provoquer la rupture.

3 - TECHNOLOGIE DE FABRICATION

La technologie de fabrication des émulsions de bitume fait appel à un matériel de plus en plus sophistiqué et précis. Une unité de fabrication est composée de :

- un stock de matières premières,
- un ensemble pour la fabrication de la phase acqueuse,
- un ensemble pour l'émulsification du bitume
- un stock de matières premières et de distribution.

La fabrication peut se faire en mode continu ou discontinu. Selon la méthode discontinue classique, la fabrication se fait en deux étapes :

- la première consiste à préparer de manière séparée la phase acqueuse et la phase liant,
- la seconde consiste en l'émulsification de la phase liant dans la phase acqueuse.

phase acqueuse : l'émulsifiant et l'acide sont introduits dans des bacs de préparation après dosage précis de chaque constituant.

phase liant : le plus souvent le liant est utilisé avec une addition d'un autre bitume fluxé et l'ensemble mélangé constitue la phase liant. On peut aussi utiliser le bitume pur en y introduisant un fluxant pur. Les deux méthodes sont utilisées et chaque fabricant maîtrise son procédé.

émulsification : pour procéder à l'émulsification on porte les deux phases à des températures distinctes de manière à avoir une bonne émulsification et obtenir naturellement un produit fini avec une température au-dessous de 100°C. l'émulsification se fait ensuite à travers un turbomalaxeur dont la vitesse de rotation et l'espace intérieur entrefer sont très importants pour la qualité finale de l'émulsion.

4 - CONTROLE DE REGULARITE

Le contrôle de régularité de fabrication des émulsions de bitume est fixé par la directive de la DRCR de 1993. Cette directive a été mise en application dans l'ensemble des unités de fabrication et un suivi permanent est opéré par le laboratoire de contrôle et la DRTP de la région où est implantée l'unité de fabrication. Cette directive a instauré et institué l'autocontrôle du fabricant. Un registre est tenu en permanence à la disposition de l'administration et un extrait est transmis avant le 10 de chaque mois à la DRTP du lieu de l'implantation de l'usine de fabrication. L'administration opère des contrôles occasionnels sur des prélèvements contradictoires dans les bacs de stockage. La fréquence de ces essais est déterminée par le Directeur Régional des Travaux Publics du lieu d'implantation de l'usine. Les résultats doivent parvenir au fabricant dans un délai maximum de 72 heures.

La DRCR est informée par le biais du DRTP des résultats et veille à ce que le fabricant prenne les mesures nécessaires pour remédier aux défauts constatés. Ce contrôle de régularité concerne :

- le bitume :
 - pénétrabilité (NM 03.4.012)
- le bitume fluidifié (éventuellement) :
 - pseudo-viscosité (NM 03.4.025)
- l'émulsion de bitume :
 - teneur en diluant pétrolier (NM 03.4.038)
 - teneur en eau (NM 03.4.032)
 - pseudo-viscosité à 25°C (NM 03.4.033)
 - homogénéité (NM 03.4.037)
 - stabilité au stockage (NM 03.4.031)
 - indice de rupture (NM 03.4.035)
 - charges des particules (NM 03.4.034)

Pour la prise d'échantillons, la directive précise que chaque essai sera réalisé sur des échantillons prélevés conformément à la norme NM 03.4.011.

Notons aussi qu'avec la mise en application de la directive, plusieurs fabricants ont mis en place un plan d'organisation de la qualité.

5 - STOCKAGE ET LIVRAISON

Les émulsions de bitume fabriquées sont stockées dans des cuves de grande capacité. Ces cuves sont calorifugées dans le cas où les déperditions thermiques sont importantes. Les cuves de stockage sont connues de manière à permettre le transvasement d'une citerne à une autre ou le brassage du produit stocké.

La livraison se fait directement dans les répandeuses, ravitailleurs ou dans des fûts de 200 litres. Les ravitailleurs permettent l'approvisionnement des chantiers ou les dépôts locaux. Les dépôts, dans la majorité des cas, ne disposent pas de cuves équipées et permettant d'effectuer les opérations de brassage et de livraison vers les chantiers.

6. DOMAINES D'EMPLOI

1 - l'imprégnation: l'émulsion d'imprégnation est une émulsion très fluide utilisée pour l'imprégnation des matériaux non traités et remplace les bitumes fluidifiés type 0/1. Son utilisation est motivée par des raisons de souplesse d'emploi, d'économie d'énergie et de protection de l'environnement. Au Maroc, l'utilisation des émulsions de bitume pour l'imprégnation des corps de chaussées en matériaux non traités se fait de manière très réduite.

2 - les couches d'accrochage: les couches d'accrochage à l'émulsion sont utilisées pour assurer une liaison d'interface entre la couche de base et la couche de roulement. Cette liaison donne aux deux couches une liaison parfaite et diminue les contraintes à l'interface, ce qui permet une longévité de la structure de chaussée. l'émulsion utilisée est en général à rupture rapide à très rapide ou à rupture contrôlée.

Le problème qui se pose lors de l'application de ces couches est l'arrachement du liant voir même des matériaux non-traités par le finisseur ou par les pneumatiques des camions. Pour éviter ces problèmes on peut utiliser des formules spéciales d'émulsion qui ne collent pas sur les pneumatiques ou utiliser des finisseurs dotés d'une rampe de répandage intégrée.

3 - les enduits superficiels : il s'agit du domaine le plus important d'utilisation des émulsions de bitume.

Les émulsions, pour cette technique, présentent beaucoup d'avantages, tels que:

- gain d'énergie
- souplesse d'emploi
- allongement de la période de mise en oeuvre à la période hivernale

La mise en oeuvre doit respecter un certain nombre de conditions pour assurer la réussite du revêtement, notamment la maîtrise de la rupture et l'adaptation de la viscosité aux conditions de chantier.

4 - les enrobés coulés à froid: la technique des enrobés coulés à froid a été introduite au Maroc en 1977 sous forme de coulis bitumineux et ces dernières années sous la forme la plus performante des ECF. Les procédés sont propres à chaque applicateur et l'émulsion de bitume est formulée en fonction du procédé appliqué. l'émulsion doit être à rupture rapide, mais en même temps la rupture doit être suffisamment lente pour permettre l'enrobage des matériaux et leur mise en oeuvre par le racleur.

5 - les enrobés à froid : sont utilisés principalement dans l'entretien des chaussées. De nouvelles formulations ont été mises au point, principalement en Espagne et en France, et permettent l'utilisation des enrobés en couche de roulement ou en reprofilage des routes à trafic moyen et faible. l'émulsion de bitume est formulée en fonction de l'utilisation prévue pour le mélange.

6 - la grave émulsion: le développement au Maroc de cette technique est limité, alors que la grave émulsion est utilisée comme technique courante à travers le monde. Cette technique, vu sa souplesse et ses performances, permet de contribuer à l'amélioration du niveau de service du réseau routier. l'émulsion employée pour cette technique est une émulsion à rupture lente qui permet de conserver le mélange GE pendant plusieurs semaines.

7 - le recyclage à froid: l'émulsion de bitume joue un rôle régénérant pour les anciennes structures de chaussées. Un traitement en place des couches de matériaux non traitées ou traitées et recyclées, permet de donner au mélange des spécifications.

PROGRÈS RÉCENTS

7 - DANS LA FORMULATION

Les progrès enregistrés au niveau de la formulation des émulsions sont de différents ordres. Ils sont liés d'une part au développement des liants modifiés, d'autre part à l'obtention de caractéristiques spécifiques précises des émulsions conduisant à une grande maîtrise de leur utilisation.

Les émulsions modifiées

Avec ces émulsions, l'objectif visé est l'amélioration des caractéristiques du bitume original moyennant un ajout de polymère, qui est généralement soit un plastomère (EVA par exemple) soit un élastomère (SBS par exemple), à des dosages variant entre 2 et 6 %.

Deux méthodes peuvent être employées pour réaliser cette modification : la première passe par l'emploi du latex ajouté dans la phase aqueuse au cours du processus de fabrication de l'émulsion. La seconde méthode fait appel à l'émulsification d'un bitume préalablement modifié au résine.

Les polymères améliorent, selon un processus bien connu, la cohésion, le comportement rhéologique et l'adhésivité du bitume de base, tout en réduisant sensiblement sa susceptibilité thermique. Il convient toutefois de préciser que la modification du bitume est en fonction du polymère utilisé et de son dosage dans le liant. Elle se traduit également par une augmentation sensible de la viscosité du bitume qui peut entraîner dans certains cas des modifications des conditions de fabrication des émulsions et du matériel de production.

Les émulsions de bitume modifiées sont appliquées dans les travaux d'enduits superficiels, les enrobés coulés à froid et les couches d'accrochage.

La maîtrise des propriétés

Les progrès obtenus dans ce domaine portent essentiellement sur la répartition des tailles des globules de bitume, la viscosité, la concentration et la vitesse de rupture des émulsions :

• *La granulométrie*

La répartition par taille des globules de bitume constitue l'un des paramètres fondamentaux des émulsions. De sa valeur moyenne et de sa dispersion dépendent, directement ou indirectement, la stabilité au stockage, la viscosité, la réactivité... Pour un objectif donné, on peut agir sur ces paramètres par le choix des émulsifiants et la formulation de l'émulsion, mais également, par les conditions de fabrication et le matériel employé.

La surface spécifique représente la surface associée à une gamme de matière. Dans le cas des objets macroscopiques cette grandeur est négligeable dans l'étude du comportement d'un système. En revanche dès que la taille caractéristique des objets étudiés devient de l'ordre du micron, celle-ci devient non négligeable.

Le développement des émulsifiants et leur spécificité ainsi que l'évolution du matériel de fabrication (entrefer réglable, vitesse modulable des moulins colloïdaux, pression) ont conduit à une maîtrise de la granulométrie des émulsions et permettent ainsi de mieux adapter ces dernières aux applications et procédés de construction.

• *La viscosité*

Depuis les origines des émulsions il s'est produit progressivement un accroissement des exigences en matière de viscosité. Cet accroissement est lié à la formulation de l'émulsion, et notamment à sa concentration en liant, qui est en général de 60 %, 65 ou 69 %, suivant l'utilisation envisagée. La formulation de telles émulsions ainsi que leur fabrication sont assez différentes de celles des émulsions conventionnelles.

• *La vitesse de rupture*

La qualité et les propriétés du liant étant connues, on pourrait penser qu'il ne reste plus qu'à mesurer la granularité et évaluer les propriétés du film interfacial. Pour le formulateur et le fabricant ce n'est pas si simple, car ces caractéristiques agissent entre elles et influent de manière complexe sur les propriétés d'usage.

Dans le cas de l'interface bitume - eau, on ne dispose pas de moyen d'étude direct du film interfacial. Toutefois, ces propriétés dérivant directement de la nature et de la quantité du tensioactif choisi et de la neutralisation, on peut en estimer les effets connaissant le pH de l'émulsion. L'estimation peut être affinée en mesurant la conductivité et la mobilité électrophorétique.

La mise au point des émulsions à rupture contrôlée est une autre innovation importante dans le domaine des émulsions bitumineuses.

Il est en effet fréquent depuis plus de dix ans de recourir dans la technique des enrobés coulés à froid, à l'emploi d'un additif pour maîtriser le temps de rupture du mélange. On peut ainsi ajuster le délai de maniabilité à la nature de l'agrégat, aux conditions climatiques et à l'état du support.

Le pH est une caractéristique de la phase aqueuse. En l'absence de toute migration de tensioactif d'une phase dans l'autre, le pH des émulsions resterait donc celui de leur phase aqueuse, mais, pour les émulsions cationiques par exemple, on observe la plupart du temps une petite diminution globale d'acidité généralement attribuée à une migration de molécules azotées provenant du liant. Dans quelques cas particuliers, on peut constater de fortes variations du pH. Il faut alors s'attendre à se trouver en présence d'un film interfacial de propriétés inhabituelles et donc à des émulsions pouvant présenter d'importants défauts en particulier de stabilité au stockage et de vitesse de rupture.

Depuis environ sept ans cette idée d'utiliser un régulateur de rupture, qui provoque chimiquement la rupture de l'émulsion, a été étendue aux enduits superficiels. L'additif est projeté sur l'émulsion cationique et le processus de rupture se trouve ainsi accéléré.

Plus récemment, ce concept a également été adapté au domaine des émulsions anioniques

RUPTURE CONTRÔLÉE

- jusqu'à nos jours, la technique la plus utilisée pour les enrobés coulés à froid a été l'emploi d'un additif régulateur du temps de fluidité. Pour les enduits superficiels on peut accélérer la rupture de l'émulsion à partir d'un additif

- La rupture chimique de l'émulsion permet de réaliser des enduits pendant les saisons défavorables et sur des pentes très prononcées.
Système anionique de rupture forcée.

Signalons enfin les émulsions à rupture très rapide, qui ont connu un grand développement pendant les dernières années et dont la formulation fait en général appel à des émulsifiants traditionnels.

A l'inverse, il convient de parler des émulsions à rupture très lente qui sont utilisées pour la stabilisation des sols ou de matériaux à forte teneur en éléments fins.

RUPTURE TRÈS RAPIDE

- Nos spécifications définissent les émulsions rapides selon un indice de rupture (NM 03.4.035) inférieur à 100.
- Ce sont des émulsions dont la formulation a pour but l'obtention d'un indice de rupture compris entre 40 et 60.
- La rupture réactivité de l'émulsion permet d'effectuer des enduits avec agrégats très cristallins et pendant les saisons défavorables

8 - DANS LE MATÉRIEL DE FABRICATION

Le comportement des émulsions bitumineuses est fortement influencé par la distribution des tailles des globules de bitume dans la phase aqueuse. Cette distribution dépend de la nature du liant et de la formulation employée mais également pour une part importante de l'efficacité de l'énergie mécanique mise en oeuvre et donc du matériel utilisé pour la fabrication.

Dans la plupart des cas il faut introduire de l'énergie dans le système pour provoquer la dispersion des phases et engendrer la formation des gouttelettes. Mais les moyens mécaniques employés dans ce but sont très variables en fonction des propriétés rhéologiques des phases à mettre en émulsion. La réalisation de moulins colloïdaux à entrefer réglable et à vitesse modulable a fortement contribué à la maîtrise de la granulométrie des émulsions.

A cela s'est ajouté, notamment pour les liants à forte viscosité, modifiés ou non, la possibilité de fabriquer des émulsions sous pression, moyennant l'utilisation de refroidisseurs en sortie.

Les différents modèles de moulins sont caractérisés par la présence d'une chambre comprise entre un stator et un rotor à l'intérieur de laquelle le mouvement rotatif de ces deux pièces libère de l'énergie. Le cisaillement et les turbulences ainsi produites sont variables en fonction de la géométrie de la chambre et de la vitesse de rotation.

Simultanément ces dernières années s'est développé la technique des mélangeuses statiques qui autorise de fortes pressions et des temps de contact courts (procédés hydrodynamiques) et conduisent à une optimisation des paramètres opératoires.

Ainsi donc, pour un liant donné et à formulation constante, en agissant sur les paramètres mécaniques de fabrication, on peut obtenir des émulsions avec des propriétés et des comportements différents.

Il faut noter qu'il existe des moyens non mécaniques de produire des émulsions de bitumes fondés sur les phénomènes d'inversion d'émulsion.

EMULSION TRÈS LENTE

Nos spécifications définissent les émulsions lentes selon un indice de rupture (NM 03.4.035) supérieur à 140.

Ce sont des émulsions dont la formulation a pour but l'obtention d'un indice de rupture compris entre 140 et 200.

La faible réactivité de l'émulsion permet de réaliser la stabilisation des sols et d'autres matériaux avec un élevé teneur en fines et filer ou bien avec des matériaux porosité et par conséquent une surface spécifique élevée.

9. DANS LES MÉTHODES D'ESSAIS

La distribution granulométrique des globules de bitume dans la phase aqueuse est directement liée avec les propriétés de base de l'émulsion. Pour évaluer cette relation, des progrès considérables ont été réalisés, notamment par l'utilisation de granulomètres à laser.

Ces appareils très performants permettent une détermination rapide et précise de la distribution des particules de bitume dans l'émulsion, de la surface spécifique, qui donne une idée du pouvoir couvrant du liant résiduel, du diamètre moyen, etc. Ces appareils constituent également des détecteurs efficaces.

10 - DANS LES DOMAINES D'EMPLOI

La commercialisation de nouveaux émulsifiants, une meilleure connaissance au niveau de la formulation, une plus grande maîtrise de la fabrication et dans de nombreux cas des conditions et des équipements de mise en œuvre, de nouveaux moyens de caractérisation ont conduit à une diversification des domaines d'emploi des émulsions.

Comme cela a été indiqué précédemment, les enrobés coulés à froid sont des techniques de surface qui apportent aux chaussées imperméabilité et adhérence. Compte - tenu de leur faible épaisseur, ils ne permettent en aucun cas de résoudre les problèmes de structure.

La modulation de la granulométrie, la possibilité d'employer des liants modifiés, l'application en monocouche ou en bicouche permettent d'adapter la technique au trafic et aux différents supports.

11 - CONCLUSION

Les intérêts et avantages que présente l'émulsion de bitume ne sont plus à démontrer. Les ingénieurs et techniciens chargés de la réalisation des travaux trouvent dans l'émulsion de bitume un liant simple d'utilisation permettant de réaliser des travaux de qualité en tout temps, même en période hivernale, tout en participant à l'économie d'énergie pour la collectivité.

Les progrès réalisés dans les différents domaines évoqués précédemment ouvrent davantage le champ d'action des utilisateurs et chercheurs pour faire évoluer et adapter les applications aux problèmes d'entretien et de construction des routes.

Toutefois, les techniques à base d'émulsion restent des techniques "pointues" dans tous les cas, dans la mesure où la réactivité et le comportement des émulsions sont fortement tributaires des conditions climatiques lors de leur utilisation, ainsi que de la nature et la réactivité des granulats auxquels elles sont associées.

C'est pourquoi un effort important doit être déployé par l'ensemble des utilisateurs en vue de comprendre les mécanismes et le comportement des émulsions et de faire évoluer leurs utilisations dans nos applications.