

**DEVELOPPEMENT D'UN NOUVEAU LIANT CLAIR
ISSU DE RESSOURCES VEGETALES RENOUVELABLES
POUR ENROBES COLORES.**

Michael LECOMTE

société des Pétroles Shell, Colombes, France

Hechem NADJAR

société des Pétroles Shell, Colombes, France

Karel PONCELET

NV Belgian Shell SA, Bruxelles, Belgique

Résumé

Fruit de nos travaux de recherche, le Floraphalte est un nouveau liant clair élaboré à partir de composants végétaux de haute qualité et d'un polymère renforçant les propriétés du liant. Tout comme les liants clairs traditionnels, il est destiné à la production d'enrobés clairs pour couche de roulement. Depuis le lancement du produit fin 2007, de nombreux chantiers ont été réalisés en Europe. Cet article résume les retours d'expérience récoltés jusqu'à présent sur ce nouveau type de matériaux.

Samenvatting

Als resultaat van onze ontwikkeling, Shell Floraphalte is een nieuw transparant bindmiddel op basis van hoogwaardige plantaardige grondstoffen en een polymeer voor het verhogen van de kenmerken van het bindmiddel. Zoals andere transparante bindmiddelen, is het geschikt voor de productie van een toplaag in gekleurd asfalt. Verschillende werven werden in Europa gerealiseerd vanaf de lancering van het product einde 2007. Dit artikel is een samenvatting van de ervaringen tot en met heden van dit nieuw type materiaal.

1. Introduction

Au cours des dernières années, les pouvoirs publics ont pris conscience de l'importance du développement durable. On admet de plus en plus que l'industrie doit se comporter de façon responsable et doit développer des solutions pour répondre à des besoins croissants sans, pour autant, hypothéquer l'avenir des générations futures.

Le groupe Shell s'engage à suivre pleinement la voie du développement durable et cherche à développer et fournir des alternatives destinées à réduire l'impact négatif des activités humaines sur l'environnement.

Désireuse de participer à l'effort général pour préserver les ressources de notre planète, Shell Bitumes a développé dans ses laboratoires de recherche un liant clair destiné à la production d'enrobés colorés hautes performances. La particularité de ce liant, appelé Shell Floraphalte, est qu'il est issu essentiellement d'huile et de résines d'origine végétale et d'un polymère haute performance qui confère aux revêtements routiers d'excellentes performances et une bonne durabilité.

Ces ressources renouvelables ont été sélectionnées pour limiter la concurrence avec les ressources destinées à la chaîne alimentaire. Ainsi, le Floraphalte contient des composants dits de seconde génération car provenant de l'industrie du bois. De plus, Shell s'efforce d'utiliser des constituants provenant de sources réputées et obtenues dans le respect de l'éthique.

Floraphalte offre encore d'autres avantages pour notre environnement. Par le biais de la photosynthèse, les composants végétaux ont absorbé du CO₂ pour le fixer définitivement dans le revêtement. Ceci a pour effet de réduire l'empreinte carbone du procédé de fabrication d'enrobé bitumineux à base de Floraphalte. De plus, l'enrobé d'un revêtement qui serait arrivé en fin de vie peut être recyclé. Enfin, la très faible odeur et la volatilité réduite du liant sont des atouts supplémentaires.

Bien que modifié polymère, le liant est pour l'instant utilisé dans la fabrication d'enrobé pour couche de roulement supportant une faible circulation, à savoir des pistes cyclables, des zones piétonnes, des aires de loisirs, des allées de parcs, des abords de stade, des aménagements de centre commerciaux, des sites historiques, ... Des études et des planches d'essais sont en cours d'évaluation pour étendre le champ d'application à des sollicitations plus sévères.

Même s'il s'agit d'un marché niche, Shell Bitumes a l'ambition d'enrichir son expérience dans le choix et l'usage de constituants végétaux et d'en étendre autant que possible leur emploi dans sa gamme de produits commerciaux.

2. Caractéristiques du liant

Le Floraphalte a fait l'objet d'études approfondies tant en laboratoire qu'en essais terrain. A l'heure actuelle, le liant n'existe que sous un seul grade correspondant à un 70/100. On notera que toutes les valeurs typiques (indice Pfeiffer d'environ -1, point d'éclair élevé) reprises dans le Tableau 1 ne différencient pas le liant Floraphalte des liants synthétiques clairs de même classe (par exemple le Mexphalte C 70/100).

Propriété	Méthode	Floraphalte Specifications	Floraphalte 70/100 valeur typique	Mexphalte C 70/100 valeur typique
Pénétration (0,1 mm)	EN 1426	70 - 100	89	83
Point de ramollissement (°C)	EN 1427	>43	45	42
Point d'éclair	EN ISO 2592	>250	288	>250

Tableau 1 : Comparaison des valeurs typiques du Floraphalte et du Mexphalte C 70/100

Au-delà de leur composition, un certain nombre de points distingue les deux types de liants. Premièrement, ce qui est remarquable, c'est la limpidité du Floraphalte comme l'illustre une comparaison avec le bitume et le Mexphalte C (Figure 1).

Ensuite, l'évolution des propriétés en fonction du temps d'exposition et de la température mérite une attention particulière. Tout liant se dégrade plus ou moins rapidement aux températures élevées. Dans le cas du Floraphalte, il faut prendre toutes les dispositions pour que le liant ne dépasse en aucune circonstance la température de 160°C.

Jusqu'à 160°C, le Floraphalte garde une excellente résistance à l'oxydation comme le démontrent les résultats de vieillissement RTFOT (163°C pendant 75 min) et RTFOT suivi du PAV présentés en Figure 2. Dans le test RTFOT, le Floraphalte se caractérise par des pénétrations résiduelles élevées pouvant atteindre les 95%. A partir de 170°C environ, le liant durcit très rapidement suite à des processus d'oxydation et de polymérisation.

La ductilité et le retour élastique du Floraphalte ont été évalués à 10°C, une température plutôt basse pour évaluer ces propriétés. Même dans ces conditions sévères, le liant présente de nouveaux excellents résultats (Tableau 2) indiquant une bonne homogénéité du liant et une bonne compatibilité des différents ingrédients utilisés.

Propriété	Méthode	Résultats
Ductilité à 10°C	ASTM D113-99	> 150 cm
Retour élastique à 10°C	EN 13398	45 %

Tableau 2 : ductilité et retour élastique à 10°C

Puisque le Floraphalte contient un polymère, des tests de stabilité au stockage ont été réalisés selon la ASTM D7173-05 (2 jours à 163°C). L'examen du liant et les résultats du Tableau 3 n'ont pas mis en évidence une quelconque instabilité au stockage.

Etat	Propriété	Méthode	Résultat
Liant original	Point de ramollissement	EN 1427	46,2
Liant stocké, partie haute	Point de ramollissement	EN 1427	46,8
Liant stocké, partie basse	Point de ramollissement	EN 1427	48,0

Tableau 3 : Stabilité au stockage

3. Caractéristiques de l'enrobé au Floraphalte

Pour confirmer les observations faites sur le liant pur, la résistance au vieillissement a également été étudiée en enrobé. De l'enrobé foisonné de type BBTM a été maintenu en étuve jusqu'à 4 heures. Le tableau 4 indique qu'à la température de 170°C, les propriétés évoluent très rapidement avec le temps de maintien en température. En effet, au bout de 4 heures, les pénétrations chutent à une valeur proche de 10% de leur pénétration initiale. A 130°C, le liant ne perd plus qu'une bonne classe de pénétrabilité ce qui est parfaitement acceptable. Même si nous reviendrons ultérieurement sur cet aspect dans le chapitre consacré à l'enrobage et à la mise en oeuvre, on comprend dès à présent toute l'importance de la maîtrise des températures de fabrication en centrale d'enrobage.

Température, °C	Temps d'exposition, heures	Pénétration, 1/10 mm	Point de ramollissement, °C
130	0	88	46,2
130	2	52	49,6
130	4	43	51,4
170	0	95	45,4
170	2	23	53,8
170	4	9	58
Liant original (avant enrobage)		79	48,2

Tableau 4 : évolution de la pénétration et de la TBA en fonction du temps d'exposition de l'enrobé en étuve.

Le Floraphalte présente une très bonne adhésivité sur différents types de granulats, comme l'indiquent les 90% de résultat d'adhésivité passive (Figure 3). Pour rappel, le test d'adhésivité consiste à enrober 100 gr de granulat avec 5 gr de liant. Le mélange est immergé dans de l'eau à 60°C pendant 16 heures. L'adhésion est évaluée de façon qualitative en observant le pourcentage de surface recouverte par le liant à la fin du test. Le test est réalisé sur quatre types de granulats : calcaire, diorite, quartzite, rhyolite et silex.

Concernant les résultats Duriez (Tableau 5), on notera des valeurs plus élevées en R et r pour le Floraphalte que pour le Mexphalte C 70/100. Cela s'explique d'une part par un durcissement du Floraphalte plus important et d'autre part par sa nature particulière. La valeur de 0,77 pour le r/R est à relativiser au vu de la valeur r élevée.

Duriez EN 12697-12	Shell Mexphalte C 70/100	Shell Floraphalte 70/100
Température de préparation des éprouvettes (°C)	150	140
Masse volumique (kg/m ³)	2210	2187
Teneur en vide (%)	9,3	10,5
Résistance à l'air (R)	5,7	10,5
Résistance à l'eau (r)	6,1	7,7
Rapport r/R	> 1	0,77
Teneur en eau après 1 jour (%)	3,1	2,7
Teneur en eau après 8 jours (%)	3,4	3,4

Tableau 5 : Essais Duriez sur une même formule de BBTM 0/6

La résistance à l'arrachement a été évaluée selon la méthode RSAT (Rotating Surface Abrasion Test) développée par G. van Bochove et son équipe (Réf 1). Le test consiste à mesurer la perte de matière d'une plaque d'enrobé soumise à des efforts tangentiels d'une roue de caoutchouc (Figure 4). Initialement prévu pour des enrobés drainants, le test s'applique aussi pour d'autres types d'enrobés. Dans le cas présent, deux types enrobés ont été testés : un SMA 0/5 et DAB 0 /8 (enrobé dense). Les tests sont réalisés en double à 20°C sur une durée de 24 heures. Les pertes de masse (Tableau 6) ont été faibles (0,1 gramme) pour les deux types d'enrobé et sans surprise, la déformation permanente a été un peu supérieure pour le DAB (2,4 mm) que pour le SMA (1,7 mm).

Des éprouvettes de SMA 0/5 et de DAB 0/8 ont ensuite été testées pour déterminer leur résistance à la traction indirecte (ITT selon la EN 12697-23) et leur sensibilité à l'eau (ITSR selon la EN 12697-12). Les résultats repris au Tableau 6 indiquent une bonne cohésion de l'enrobé caractérisée par une contrainte maximum à la rupture élevée. Ces résultats confirment aussi la résistance à l'eau correcte déjà observée précédemment. On déduit de ces tests que ces deux types d'enrobés préparés à base de Floraphalte auront une bonne durabilité et une bonne résistance à l'abrasion.

Propriété	DAB 0/8 au Floraphalte	SMA 0/5 au Floraphalte
RSAT perte en masse après 24 heures	0,1 gr	0,1 gr
RSAT déformation après 24 heures	2,4 mm	1,7 mm
ITT σ_{\max} à 15°C	3,18 MPa	2,76 MPa
ITT σ_{\max} à 15°C après conditionnement	2,66 MPa	2,36 MPa
Rapport des σ_{\max} à 15°C	83,5 %	85,5 %
ITT Energie	25,3 N/mm	22,7 N/mm

Tableau 6 : Résistance à la traction indirecte et sensibilité à l'eau.

Résultats aimablement communiqués par Breijn B.V.

4. Etapes de stockage du liant, d'enrobage et de mise en oeuvre

Bien que le Floraphalte ne soit pas un liant classique, il ne nécessite pas de matériel spécifique lors de sa mise en oeuvre. Bien sûr, comme pour toute fabrication en liant clair, la centrale d'enrobage doit être nettoyée en effectuant le passage d'un ou deux lots de granulats chauds (sans liant) dans le malaxeur. Tous les autres équipements (chargeurs, zones de chargement, bâches, finisseur, pelles, chaussures, compacteurs) du chantier doivent être nettoyés afin d'enlever les traces d'enrobé ou de bitume, car celles-ci peuvent noircir le Floraphalte, avec des effets esthétiques indésirables.

Pour éviter tout problème de vieillissement prématuré, une température de stockage relativement basse (entre 120° et 140°C) est recommandée pour des durées allant jusqu'à une semaine. Pour des durées de stockage plus longues, la température sera réduite à 80°C maximum ou encore mieux, la chauffe sera coupée.

En fonction du poids de la gâchée, la température des granulats doit être située entre 150° à 170°C pour donner un enrobé de 130° à 150°C. Nous insistons sur le fait que la température

finale de l'enrobé au Floraphalte ne doit jamais être supérieure à 150°C. La durée totale de malaxage varie en fonction du poids de la gâchée.

Le liant existe également en sachet de 1 kg. Il faut dans ce cas porter la durée de malaxage à trois minutes minimum de façon à bien fondre l'enveloppe thermofusible. Pour compenser le fait que le liant est introduit à température ambiante, on chauffera les granulats à environ 180°C mais la température de l'enrobé reste inchangée, c'est à dire située entre 130° et 150°C de façon à ne pas exposer le liant à un vieillissement excessif.

Que le liant soit livré en vrac ou en sachet, la température de l'enrobé devra être d'autant plus basse que la durée de transport jusqu'au lieu de pose sera longue (Figure 5). Cette remarque un peu surprenante résulte des conclusions tirées des essais de vieillissement en enrobé. Pour cette raison, bien que l'enrobé ne présente, en général, pas de problème de maniabilité, le compactage se fera sans tarder, les compacteurs suivant le finisseur de près. Il va sans dire que la maniabilité dépend également fortement de la nature de l'enrobé : indépendamment du liant, un SMA, par exemple, est moins recommandé pour une application manuelle qu'un enrobé dense classique.

5. Chantiers de référence

De par sa transparence exceptionnelle, le Shell Floraphalte peut être décliné dans une large palette de couleurs, vives ou naturelles, pour répondre aux exigences des maîtres d'œuvre. Il est possible d'obtenir des couleurs vives en utilisant des dosages moindres en pigment que pour des applications équivalentes réalisées avec du liant synthétique. En l'absence de pigment, le liant laisse passer sans l'altérer la teinte naturelle du granulat choisi et permet ainsi à l'enrobé de s'intégrer à son environnement en parfaite harmonie.

Le premier chantier d'essai Floraphalte a été réalisé en novembre 2007 à Balma près de Toulouse par l'entreprise Malet pour le compte du Comité d'Agglomération du Grand Toulouse. Pour une piste cyclable (Figure 6) de 500 m de long, couvrant une surface de 1000 m², dix tonnes de Shell Floraphalte ont été appliquées à 130°C. On a pu observer tout au long du chantier une très bonne maniabilité malgré des conditions climatiques défavorables (températures de -4°C à +2°C). En règle générale, il est préférable d'appliquer l'enrobé quand la température est supérieure à 10°C, le vent inférieur à 50 km/h et en l'absence de précipitations.

Un chantier en front de mer à La Grande Motte a été réalisé par l'entreprise Eurovia Méditerranée en mars 2008. Pour cette piste cyclable de 1250 m de long couvrant près de 4

000 m² de surface, 20 tonnes de Floraphalte ont été utilisées (Figure 6). L'enrobé fabriqué à 145°C et posé à 125 – 130°C s'est avéré parfaitement maniable.

6. Conclusions

Pour pouvoir s'engager dans la voie du développement durable, un liant clair appelé Floraphalte et élaboré à partir de ressources renouvelables d'origine végétale a été élaboré par nos équipes de recherche.

Le Floraphalte permet la fabrication d'enrobés colorés, utilisés jusqu'à présent essentiellement pour des voies piétonnes et des pistes cyclables. Les enrobés colorés fabriqués avec le Floraphalte offrent de multiples possibilités de valorisation et de respect du patrimoine.

Cette étude rassemble des résultats d'essais de laboratoire (caractérisation du liant et de sa performance en enrobé) de même que les observations faites sur chantier. Elle démontre que le Floraphalte a d'excellentes propriétés (résistance mécanique, adhésivité, résistance à l'abrasion,...). Tous ces éléments nous garantissent une bonne durabilité du revêtement pour peu que l'on respecte les recommandations de température de stockage et d'enrobage. Bénéficiant d'un bilan carbone favorable, l'enrobé clair au Floraphalte est une solution technique durable qui contribue à préserver notre environnement et à améliorer notre qualité de vie.

7. Remerciements

Les auteurs remercient

- Mr Gerbert van Bochove pour son autorisation d'utiliser les tests de RSAT et ITT.
- toute l'équipe du centre de recherche de Petit-Couronne ayant travaillé sur le projet.

8. Références

Ref. 1 : G. van Bochove, Porous Asphalt (two layered) – optimising and testing, 2nd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Barcelona, [229].



Figure 1 : Transparence comparée du bitume, du liant synthétique et du liant végétal

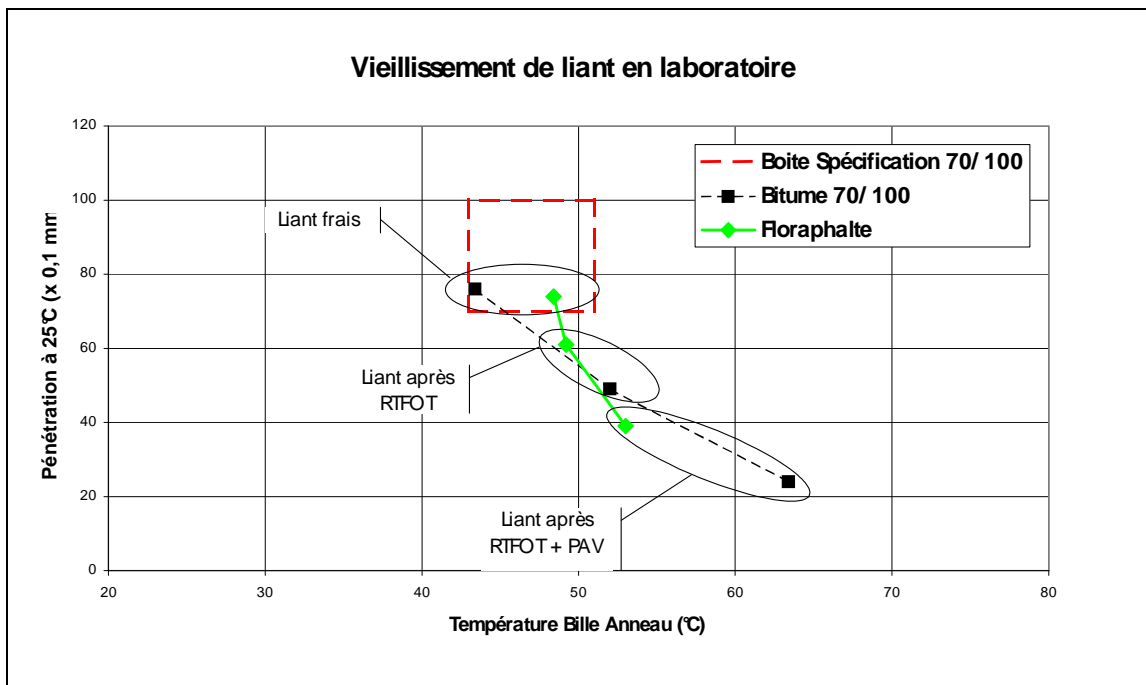


Figure 2 : Comparaison de la résistance au vieillissement du bitume 70/100 et du Floraphalte



Sur Calcaire adhésivité passive de 90%



Sur Diorite adhésivité passive de 90%



Sur Quartzite adhésivité passive de 90%



Sur Silex adhésivité passive de 90%

Figure 3 : Adhésivité passive sur 4 granulats (XP T 66-043)

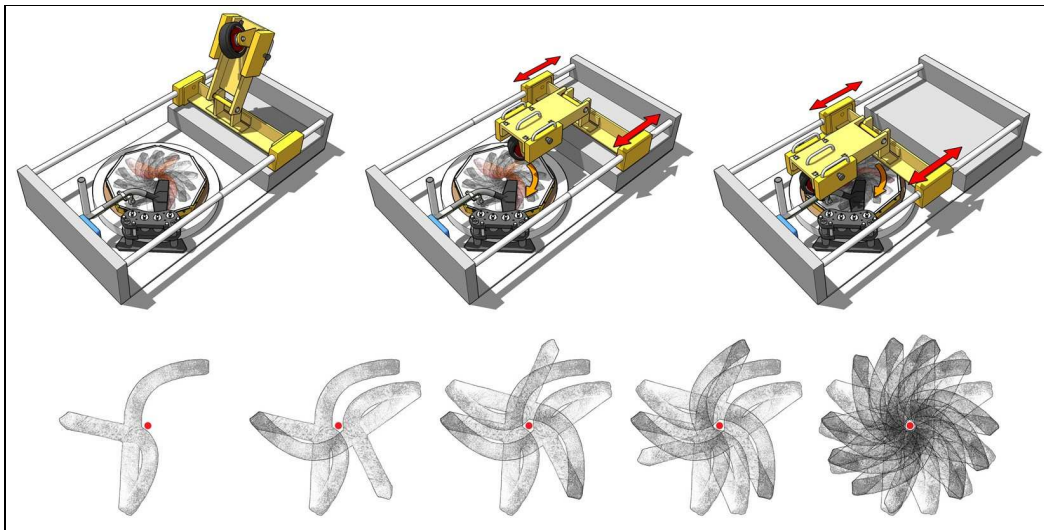




Figure 4 : Configuration du test RSAT et plaques de DAB et SMA après l'essai

Floraphalte Mixing/Transport Guide

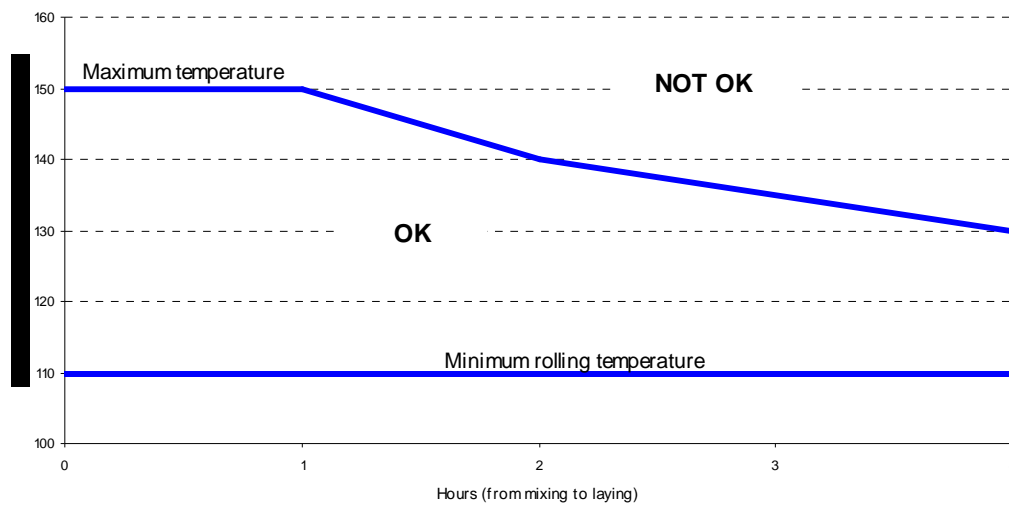


Figure 5 : Fenêtre de conditions de température d'enrobage en fonction du temps nécessaire entre la fabrication et la pose de l'enrobé.



Figure 6 : Chantier de Balma et de La Grande Motte