bitume.info

NUMÉRO SPÉCIAL - 1

AMÉNAGER, CONSTRUIRE, INNOVER

JUIN 2005

Genèse, constitution et caractéristiques du bitume

Le marché du bitume

Les produits bitumineux et leurs applications

Qualité, normes et spécifications

Sécurité, santé et environnement

GPB

Groupement Professionnel des Bitumes

.SOMMAIRE

.LE BITUME QU'EST-CE QUE C'EST ?

4 Genèse, constitution et caractéristiques du bitume

.LE MARCHE

10 Le marché du bitume

.APPLICATIONS

13 Les produits bitumineux et leurs applications

.NORMES ET SPECIFICATIONS

20 Qualité, normes et spécifications

.SECURITE

27 Sécurité, santé et environnement

.PRATIQUE

32 Quelques données utiles

Bitume.info • Revue périodique éditée par le Groupement Professionnel des Bitumes et destinée à faire connaître les réalisations routières, industrielles, hydrauliques ou autres dans lesquelles le bitume joue un rôle important.

4 avenue Hoche - 75008 Paris / Tel.: 01 40 53 70 10 / Fax : 01 40 53 70 49 / www.bitume.info / Mél : contact@bitume.info

Directeur de la publication : Samir Kazziha, Rédacteur en Chef : Bernard Lombardi. Conception et réalisation : Images et Formes. Ont participé à la réalisation de numéro : les membres du GPB (BP, Esso SAF, Nynas, Repsol-YPF, Shell, Total), Jean-Pierre Sergent • Crédits photographiques : GPB, Réunion des musées nationaux / H. Lewandowski, Eurovia, Colas, Jean-Pierre Sergent, Prodireg, Gettyimages • Dépôt légal : Mai 2005. ISSN 1764-6790. Diffusion gratuite.

Les informations contenues dans ce numéro spécial de bitume.info correspondent à l'état des connaissances des rédacteurs au moment de la publication, en juin 2005.

Le Groupement

Le Groupement Professionnel des Bitumes (GPB), créé en 1968, succède à la Chambre syndicale des distributeurs de bitume de pétrole (1948), anciennement Pool des Brais* et Pétroles (1940). Il regroupe les principales entreprises distributrices de bitume sur le territoire français : BP, Esso SAF, Nynas, Repsol-YPF, Shell, Total.

Le GPB a pour vocation d'étudier et de défendre les intérêts professionnels de ses membres et de les représenter auprès des autorités et organismes français et internationaux. Il s'attache également à faire connaître les réalisations routières, hydrauliques et industrielles dans lesquelles le bitume joue un rôle important. Son action recouvre les aspects techniques, environnementaux, réglementaires et administratifs. Son champ d'activité englobe l'ensemble des utilisateurs, qu'ils soient publics ou privés.

Au cours des dernières années, le GPB a notamment mené une série d'actions de sensibilisation et d'information pour améliorer les conditions de sécurité dans lesquelles s'effectuent la production, le transport et la mise en œuvre des bitumes et des produits bitumineux. Ses représentants participent à une série de travaux, dans le cadre des relations entre le GPB et un certain nombre d'organisations françaises, européennes et internationales dont il est membre, comme le Comité français de l'AIPCR, Eurobitume, le Comité européen de normalisation (CEN) et l'Asphalt Institute. Ces travaux visent principalement à une meilleure connaissance scientifique des caractéristiques des bitumes et de leurs dérivés, à la promotion d'innovations technologiques en vue d'en améliorer les performances et à l'élaboration de nouvelles normes d'essai et spécifications destinées à faciliter les échanges à l'intérieur de l'Union Européenne.

Site web
http://www.bitume.info/mission.jsp

**Brais : aujourd'hui le nom de "Brai" se rapporte exclusivement aux produits résultant de la pyrolyse.*

Professionnel des Bitumes

Les organisations partenaires du GPB

• Association mondiale de la route AIPCR
Cette organisation, regroupant 86 pays appartenant aux cinq continents, a pour vocation de développer la coopération internationale et de favoriser les progrès dans la définition des politiques de construction et de transport routiers. Elle cherche également à dégager une technologie routière conciliant la satisfaction des besoins des usagers, la recherche du rapport optimum coût/performances et les exigences du développement durable.

Site web
http://www.piarc.org/fr

• Eurobitume
L'Association Européenne du Bitume, ou Eurobitume, est une organisation internationale à caractère scientifique. Elle compte 22 membres (entreprises productrices de bitumes et associations nationales) et a pour mission de promouvoir l'utilisation des bitumes dans leurs applications routières et industrielles, dans le respect de la santé, de la sécurité et de l'environnement. Les travaux sont répartis au sein de "task forces", par exemple : Santé Sécurité Environnement, Analyse du cycle de vie, Recyclage, Réduction de l'exposition…
Eurobitume joue également un rôle clé dans la tenue des séminaires européens comme BitSpec, dont l'objectif est de renouveler et d'unifier à l'échelle européenne le système de spécification pour les liants bitumineux.

Site web
http://www.eurobitume.org

• Comité européen de normalisation (CEN)
Le CEN est une association internationale technique et scientifique, comprenant 25 membres nationaux et des membres associés, dont la mission principale est l'harmonisation des normes européennes, de façon à contribuer à la suppression des entraves techniques à la circulation des produits et marchandises. Le CEN est en liaison avec les fédérations professionnelles européennes, ainsi que de nombreux organismes techniques qui participent à la définition de programmes de normalisation prioritaires.

Site web
http://www.cenorm.org

• Asphalt Institute
L'Asphalt Institute est une association basée aux Etats-Unis, qui rassemble des entreprises internationales productrices de bitume, employant le bitume ou exerçant une activité associée au bitume. Elle a pour but de promouvoir l'usage du bitume et de mettre en avant ses avantages et ses performances, au moyen de programmes d'ingénierie, de recherche et de formation et par la résolution des problèmes qui se posent à l'industrie. L'Asphalt Institute a joué un rôle directeur dans l'élaboration du système de normes Superpave, en vigueur en Amérique du Nord principalement, mais également dans d'autres régions du monde.

Site web
http://www.asphaltinstitute.org/

Toutes les questions que vous vous posez sur le bitume

Ce numéro spécial de bitume.info se propose de répondre à (presque) toutes les questions que vous vous posez sur le bitume, en vous offrant, sous une présentation claire et accessible, le panorama d'un univers riche et complexe, depuis la production du bitume jusqu'à son impact sur la santé et l'environnement, en passant par ses caractéristiques physico-chimiques, la diversité des produits, la multiplicité des applications, les normes de qualité...
Ce n'est pas la première fois que le GPB se livre à cet exercice, dont le dernier en date remonte à 1994 (*Bitume Actualités n° 98*). Si les fondamentaux restent les mêmes – les bitumes purs, les pétroles bruts dont ils sont extraits et les outils de raffinage demeurent à peu de choses près identiques à ceux d'alors –, bien des choses cependant ont changé au cours de la décennie écoulée.
L'évolution du trafic, plus dense, plus lourd, plus canalisé, a entraîné l'utilisation pour les chaussées, de bitumes particulièrement adaptés (bitumes spéciaux et polymères). En même temps, sous la pression des contraintes économiques, les entreprises routières ont été amenées à concevoir des structures plus légères, conduisant les professionnels du bitume à rechercher des solutions techniques moins gourmandes en matériaux, à performances égales ou supérieures en termes de sécurité, confort, longévité, impact sur l'environnement…
Par ailleurs, un grand chantier européen a été ouvert, dont l'objectif est de parvenir à unifier les normes du bitume de tous les pays de l'Union. Il se concrétisera d'ici quelques années avec la mise au point du marquage CE, conçu pour permettre la libre circulation des produits bitumineux à travers l'Union Européenne.
Comme vous le voyez, lorsque le monde change, le bitume épouse le mouvement. Bonne lecture !

Bernard Lombardi
Directeur général

Genèse, constitution et

Raffinerie de Port-Jérôme / ND de Gravenchon

Le bitume, à l'origine une substance naturelle rencontrée dans certaines roches, est aujourd'hui un produit industriel à forte valeur ajoutée technologique, fabriqué à la demande à partir de certains pétroles bruts. Il n'y a pas un, mais des bitumes. Leur constitution et leurs caractéristiques reflètent celles des pétroles dont ils sont issus et des procédés techniques avec lesquels ils ont été fabriqués.

Origine

L'usage du bitume remonte à l'aube de notre histoire et les récits de l'Antiquité sont riches en références à ce matériau dont les anciens Egyptiens se servaient pour calfater les embarcations, construire les édifices et… préparer les momies. Les Grecs et les Romains, qui en connaissaient l'usage, l'avaient baptisé respectivement "asphaltos" et "bitumen". Les deux mots existent encore aujourd'hui sous des formes très proches (asphalte, asphalt, bitume, bitumen…) dans les langues occidentales modernes. En français, le mot bitume désigne à l'origine un produit dérivé du pétrole, présent à l'état naturel sous forme suintante (Mexique, Venezuela, Trinidad…), dans des dépôts sous forme d'amas ou en imprégnation dans des roches poreuses (Madagascar, Pont-du-Château en France…). L'asphalte désigne, également à l'origine, des roches calcaires, où le bitume est présent, généralement dans la proportion de 8 à 10 %, quelquefois davantage.

Asphalte et bitume sont donc à l'origine des produits naturels associés à l'huile de pierre (pétrole). Les bitumes et les asphaltes naturels ne sont plus guère utilisés, sinon occasionnellement en tant qu'additifs pour enrichir le bitume, désormais obtenu par raffinage du pétrole.

Le bitume utilisé de nos jours est obtenu par traitement de certains pétroles bruts, appelés "bruts à bitume", dont il constitue la partie la plus dense et la plus visqueuse. Sur les 1 300 bruts environ référencés dans le monde, seuls 10 % sont choisis par les pétroliers pour la fabrication du bitume.

Le bitume est obtenu en fractionnant le pétrole brut par distillation atmosphérique puis "sous-vide". C'est un mélange complexe d'hydrocarbures naturels non volatils de poids moléculaire élevé, appartenant en majorité aux groupes aliphatiques à chaînes linéaires ou ramifiées, naphténiques ou cycliques et saturés. Il contient en moyenne 80 à 85 % de carbone, 10 à 15 % d'hydrogène, 2 à 3 % d'oxygène et, en moindre quantité, du soufre et de l'azote ainsi que divers métaux à l'état de traces, mais liés chimiquement aux molécules les plus lourdes.

A la température ambiante, il est très visqueux, presque solide, et présente deux caractéristiques importantes : c'est un agglomérant à fort pouvoir adhésif, en particulier sur les minéraux destinés aux ouvrages, et il est totalement imperméable à l'eau. Ces propriétés sont exploitées dans la construction routière, sa principale utilisation, où il fournit le liant pour les enrobés, et dans diverses applications pour les travaux publics et l'industrie qui mettent principalement à profit son étanchéité pour les toitures, les terrasses ou les bassins (voir pages 13 à 19).

caractéristiques du bitume

Fabrication

Les modes de fabrication ont évolué. Avant la crise pétrolière des années 1970, on faisait appel presque exclusivement à des bruts lourds de forte densité, de type vénézuélien (faible degré API[1]), permettant de fabriquer les différentes classes de bitume par distillation directe, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une colonne sous-vide de grande efficacité. Actuellement les bruts à bitume ont des origines diverses mais la plupart d'entre eux proviennent du Moyen-Orient, le reste venant du Venezuela et du Mexique. Ces bruts sont caractérisés par des densités moins élevées (degrés API plus forts). Il existe plusieurs techniques pour fabriquer le bitume, reposant principalement sur la distillation directe du pétrole (90 % de la production française). Lorsque le choix d'un brut et celui d'une technique ont été décidés, le fabricant suit rigoureusement le processus et s'y maintient. Ces choix font l'objet pour chaque fabricant de procédures d'homologation très sévères, dans le souci de fournir des produits industriels d'une qualité constante et conformes aux spécifications.

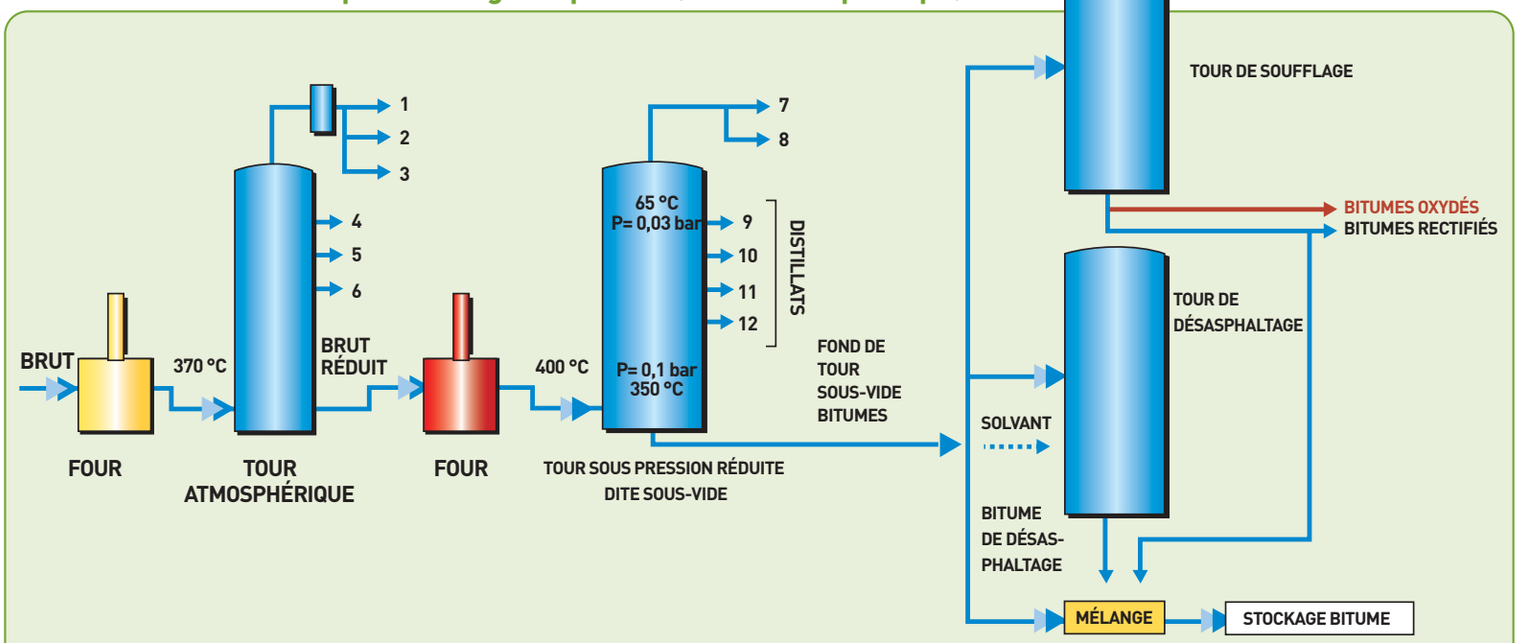
> **“ Des produits industriels de qualité constante, conformes aux spécifications. “**

Lion sculpté dans le mastic de bitume, découvert à Suse (IIIe millénaire av. J.-C.)

1/ API Gravity : échelle arbitraire de densité, exprimée en degrés, établie par l'Institut américain du Pétrole et adoptée par l'industrie pétrolière américaine :

$$d_{15\,°C} = \frac{141{,}5}{131{,}5 + (\text{degré A.P.I.})}$$

Fabrication des bitumes par raffinage du pétrole (schéma de principe)



1 - Gaz
2 - Essence légère
3 - Essence
4 - White-spirit
5 - Carburateur
6 - Gazoil
7 - Vers éjecteurs de vapeur
8 - Gazoil entrainé
9 - Gazoil sous-vide
10 - 1er sous-vide
11 - 2e sous-vide
12 - 3e sous-vide

Distillation directe

Distillation atmosphérique

Ce mode de raffinage consiste à chauffer en continu par passage dans un four, le brut préalablement décanté et dessalé. Ce brut, porté à une température voisine de 340 °C, est envoyé dans une colonne de fractionnement maintenue à la pression atmosphérique. Le produit récupéré en fond de tour est le brut réduit.

Distillation sous-vide

A ce stade, le brut réduit provenant de la distillation atmosphérique est, après réchauffage aux alentours de 400 °C, envoyé dans une colonne où règne une pression réduite à quelques dizaines d'hPa[2]. Il est possible, dans ce type d'unité, de fabriquer directement toutes les classes de bitumes du 20/30 au 160/220.

Désasphaltage au solvant

La séparation physique des constituants du pétrole brut peut aussi être effectuée sans dégradation de leur structure chimique en mettant à profit les différences de solubilité des fractions lubrifiantes et bitumineuses vis-à-vis de certains solvants.
Le désasphaltage au solvant est employé comme un complément dans le raffinage des "bruts à huile". Il est le plus souvent pratiqué sur le fond de distillation sous-vide, dont il est difficile de séparer complètement les fractions lubrifiantes dans les conditions normales d'utilisation des colonnes sous-vide opérant sur des bruts peu denses.
Selon le solvant employé, butane ou propane, on obtient différentes classes de bitume en faisant varier la nature du fond de distillation sous-vide (degré d'épuisement) et les conditions de fonctionnement de l'unité de désasphaltage, notamment la température et la pression. Le bitume ainsi obtenu est appelé bitume PPA (Propan-Precipited-Asphalt).

> **"Selon la façon dont est conduite la fabrication, on obtient des bitumes de pénétrabilité plus ou moins élevée."**

Selon la façon dont est conduite la fabrication du bitume, par distillation ou désaphaltage au solvant, il est possible d'obtenir des bitumes de pénétrabilité plus ou moins élevée. Cette propriété fait partie des deux caractéristiques fondamentales de chaque bitume, avec la température de ramollissement. S'ajoute à cela la susceptibilité à la température et au vieillissement, la cohésivité et l'élasticité qui sont mesurées par des tests spécifiques (voir encadré pages 9 et 21 à 25).

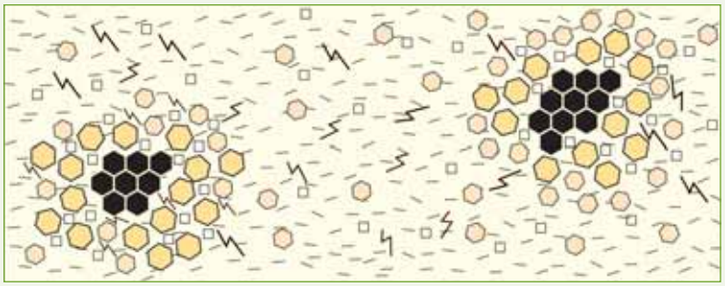
2/ *10 hPa = 0,01 bar*

Fiche technique

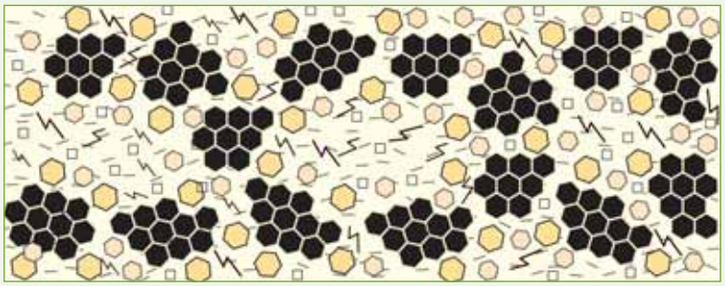
Caractéristiques principales de trois bruts types

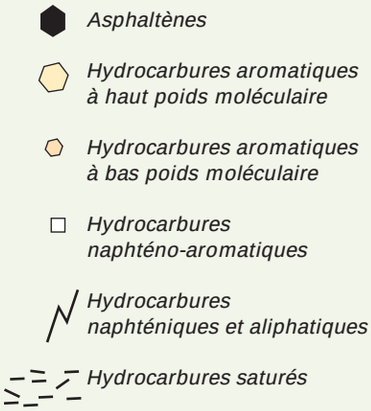
Caractéristique	Unité	Venezuela	Koweit	Arabie
Densité à 15 °C		0,991	0,868	0,893
API		12,6	31,4	26,7
Distillation Pt initial	°C	105	45	50
Distillation 10 %	°C	278	114	140
Distillation 30 %	°C	-	221	257
Viscosité cinématique à 38 °C	mm^2/s	2 990	10	29
Soufre	%	2,6	2,5	2,9
Paraffines	%	0,3	4,5	4,2
Point de congélation des paraffines	°C	59	54	53
Indice d'acide	mgKOH/g	4,1	0,1	0,3

Représentation schématique d'un bitume type "SOL"



Représentation schématique d'un bitume type "GEL"





Constitution du bitume

On peut, à l'aide de solvants sélectifs, séparer le bitume en plusieurs fractions qui appartiennent principalement à quatre familles : asphaltènes, résines, huiles naphténo-aromatiques et huiles saturées.

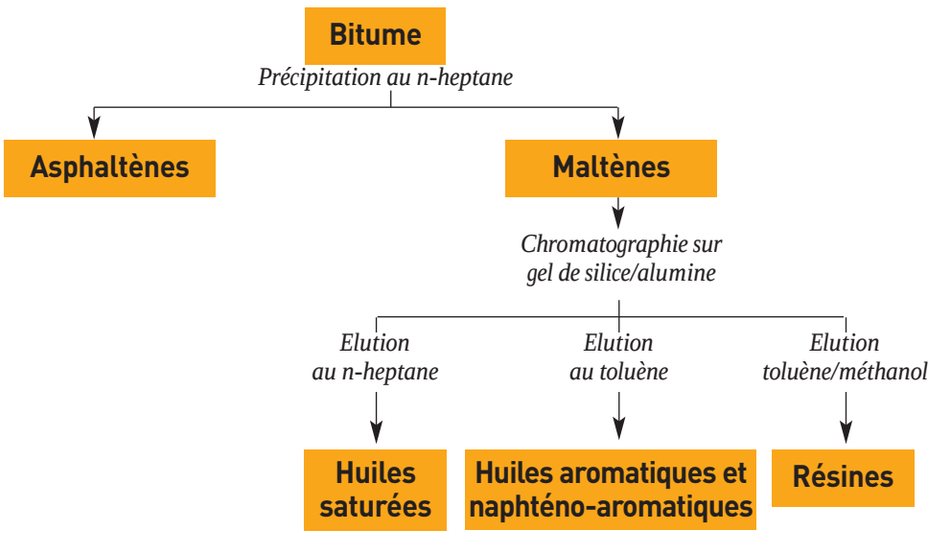
Par précipitation à l'heptane normal, on recueille les asphaltènes, insolubles. A la température ambiante, les asphaltènes se présentent sous l'aspect d'un corps solide, noir, cassant, à point de ramollissement élevé. Le pourcentage d'asphaltènes sera d'autant plus élevé que le bitume sera plus dur.

La fraction soluble dans l'heptane correspond aux maltènes, d'aspect huileux, que l'on peut séparer en trois phases par passage sur une colonne chromatographique. Une première élution à l'heptane normal permet de récupérer les huiles saturées. Une deuxième élution à l'aide de toluène conduit à récupérer les huiles aromatiques et naphténo-aromatiques, enfin, une troisième élution au moyen d'un mélange toluène/méthanol permet d'extraire les résines.

Il faut noter que les hydrocarbures dits "aromatiques" et "naphténo-aromatiques" ne renferment pas de composés aromatiques purs, mais les noyaux sont toujours substitués par des chaînes aliphatiques ou des cycles saturés. Le bitume de distillation, se présente comme un système colloïdal dans lequel les asphaltènes peptisés par les résines constituent les micelles, tandis que les huiles représentent la phase intermicellaire. Ce système peut être considéré comme un sol présentant les caractéristiques des liquides newtoniens. Les asphaltènes peuvent être plus ou moins floculés, ce qui explique que le bitume puisse se comporter comme un gel et présenter les caractéristiques des liquides non-newtoniens. C'est en particulier le cas des bitumes dits "soufflés" ou "oxydés" dans lesquels des phénomènes de déshydrogénation, de polymérisation des asphaltènes et des résines leur donnent quelquefois le comportement des composés thixotropes.

Suivant le caractère sol ou gel, les propriétés diffèrent. C'est ainsi que les bitumes sols présentent une excellente résistance aux sollicitations rapides, en contrepartie ils seront plus sensibles que les bitumes gels aux sollicitations lentes ainsi qu'aux variations de température, mais entre ces deux types de comportements extrêmes, il existe toutes les variantes intermédiaires possibles.

Schéma de séparation chimique des constituants du bitume



Les bitumes oxydés

Les bitumes oxydés ou bitumes soufflés, réservés à des usages industriels, sont obtenus par l'injection d'air dans une charge composée habituellement de distillats et de produits lourds provenant de la distillation sous-vide. Cette réaction se fait à température élevée (280 °C en moyenne).

> « Le matériau de construction qu'est le bitume doit conserver ses qualités pendant des dizaines d'années. »

L'air introduit à la base de la colonne circule à contre-courant de la charge bitumineuse et l'oxygène, en réagissant, conduit à une déshydrogénation des molécules hydrocarbonées qui se lient et à la formation des groupes hydroxyles, carboxyles, acides et des esters. L'eau produite par la réaction, ainsi que les hydrocarbures légers sont évacués avec le courant gazeux. En liant les molécules entre elles, cette réaction contribue à la création de corps à haut poids moléculaire (asphaltènes) et à un changement de structure colloïdale (type gel), avec pour résultante un point de ramollissement très élevé (par exemple, le bitume 100/40 a un point de ramollissement de l'ordre de 100 °C pour une pénétrabilité de 40 x 0,1 mm). Pour mémoire, un bitume 35/50 (type sol) présente un point de ramollissement de l'ordre de 54 °C pour une pénétrabilité de l'ordre de 40 x 0,1 mm.

Les bitumes spéciaux

Les bitumes spéciaux sont fabriqués au moyen de procédés et à partir de bases choisis afin de leur conférer des propriétés particulières les rendant aptes à certaines exigences plus rigoureuses imposées pour des applications routières ou industrielles spécifiques. Parmi ceux-ci, on trouve les bitumes durs et les bitumes multigrades.

Les bitumes modifiés

Les bitumes modifiés sont des bitumes dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées pendant la fabrication par l'emploi d'un ou de plusieurs agents chimiques.

Les bitumes modifiés par des polymères

Les bitumes modifiés par des polymères sont des bitumes purs pour lesquels le modificateur utilisé est un ou plusieurs polymères organiques.

Relations entre composition chimique et rhéologie

Les propriétés rhéologiques d'un bitume dépendent de façon importante de sa teneur en asphaltènes et de la masse moléculaire de ces molécules. A température constante, la viscosité du bitume s'accroît lorsque la concentration en asphaltènes augmente dans une même matrice maltènes. De plus, l'accroissement en viscosité est significativement plus important que ce qui serait attendu si les asphaltènes étaient sphériques. En fait, les asphaltènes peuvent interagir entre eux ainsi qu'avec le milieu solvaté. Des études conduites à l'aide de la cryofracture suivie d'une observation au microscope électronique font apparaître la propension des asphaltènes à se rassembler en feuillets.

Lorsque la température augmente, la viscosité diminue en même temps que les associations formées disparaissent. Inversement, lorsque la température décroît, les interactions se produisent et le bitume présente un caractère de plus en plus non-newtonien. Lorsque le bitume est soumis à des efforts de cisaillement, ces associations se déforment ou se défont d'une façon qui n'est pas décrite convenablement selon les concepts newtoniens classiques. Ainsi, aux températures ambiantes et intermédiaires, on conçoit que la rhéologie des bitumes est dominée par le degré d'association des asphaltènes et par la proportion relative des autres composants dans le système afin de stabiliser ces associations.

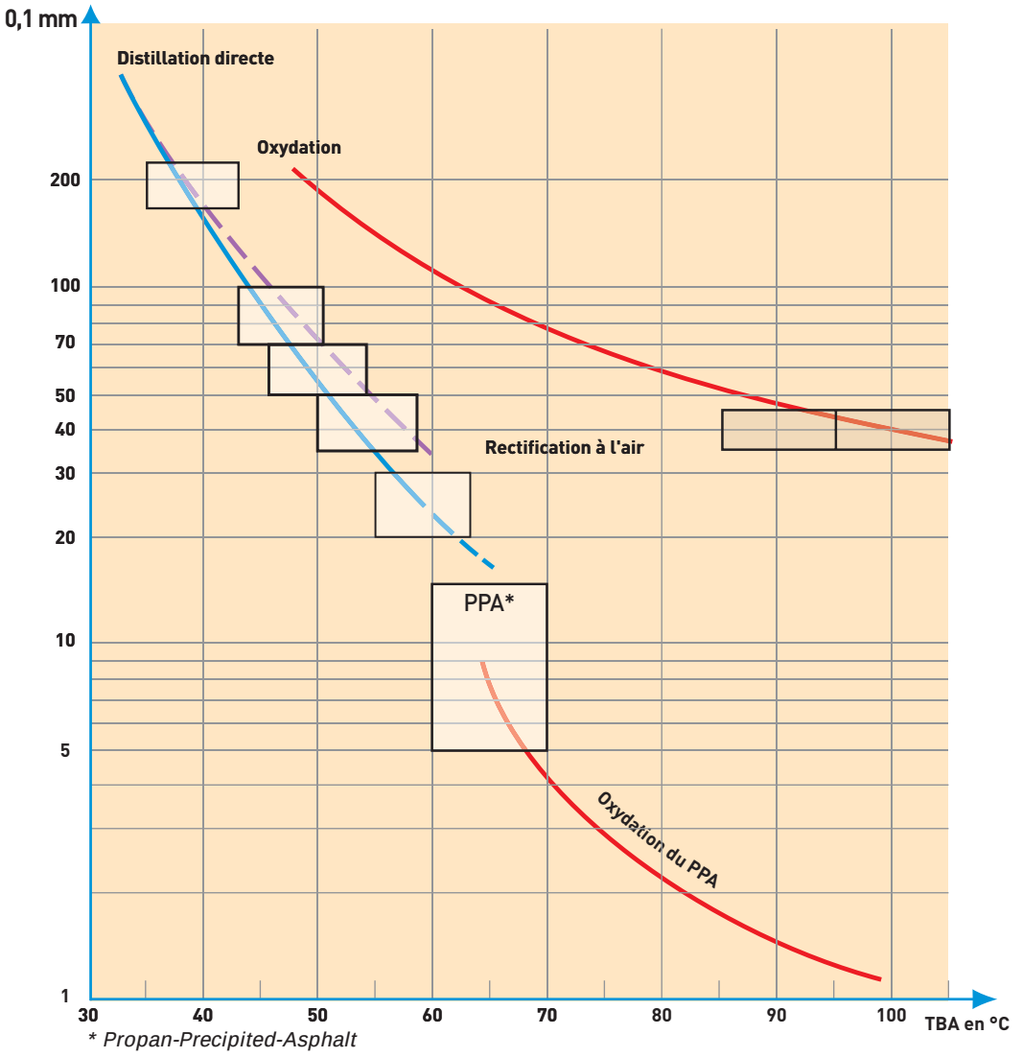
En maintenant constante la teneur en asphaltènes dans le bitume et en faisant varier les autres constituants, on constate que :

- l'accroissement de la teneur en aromatiques, pour un rapport maintenu constant de saturés sur résines, a peu d'effet sur la rhéologie,
- l'accroissement de la teneur en saturés, pour un rapport résines sur aromatiques maintenu constant, ramollit le bitume,
- l'addition de résines durcit le bitume, accroît la viscosité mais réduit l'indice de pénétration et la susceptibilité au cisaillement.

Pénétromètre semi-automatique

Diagramme péné = f(TBA)

Pénétrabilité
100 g / 25 °C / 5 s

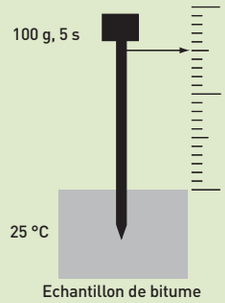


Le bitume, dit-on, est la seule partie durable du baril de pétrole brut. Alors que les autres produits pétroliers, carburants, combustibles ou lubrifiants ont une durée de vie très courte, voire éphémère, le matériau de construction qu'est le bitume doit pouvoir conserver ses qualités pendant des années ou des dizaines d'années. C'est pourquoi il exige autant de soins lors de sa fabrication, compte tenu aussi de la diversité de ses utilisations, tant dans le domaine des produits routiers que dans ceux de l'hydraulique, de l'étanchéité et de multiples autres applications industrielles. Satisfaire à cette exigence impose des contraintes de qualité, formalisées dans des spécifications nombreuses et précises qui font l'objet d'un chapitre de ce numéro spécial de bitume.info (p. 20 à 26).■

Fiche technique

Caractérisation des bitumes

En France, les bitumes sont caractérisés par un certain nombre d'essais normalisés dont les plus pratiqués sont la pénétrabilité à l'aiguille et le point de ramollissement bille et anneau, qui permettent d'apprécier leur consistance.

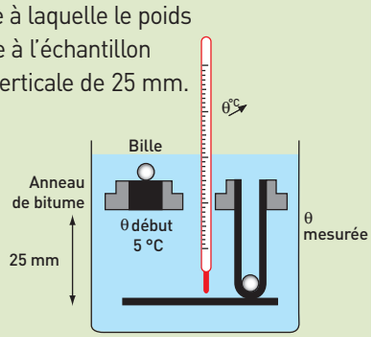


Pénétrabilité

La caractéristique présentée sous le nom de pénétrabilité représente, exprimée en dixièmes de millimètre (0,1 mm), la mesure de la pénétration dans un échantillon de bitume, au bout d'un temps de 5 secondes, d'une aiguille dont le poids avec son support est de 100 g. La pénétrabilité la plus couramment utilisée est celle qui est mesurée à 25 °C. A une température donnée, plus le bitume est dur, plus la valeur de sa pénétrabilité est faible. Un bitume 20/30 est plus dur qu'un 35/50. En France, le plus mou est le 160/220 et le bitume pur le plus largement utilisé dans les revêtements routiers est le 35/50.

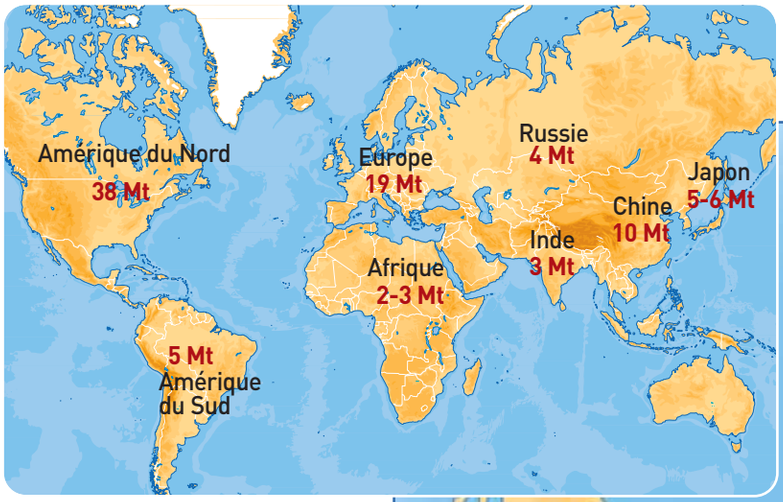
Point de ramollissement bille et anneau

Les bitumes n'ont pas de point de fusion franc ; leur consistance décroît progressivement lorsque la température s'élève. Pour cette raison, la détermination du point de ramollissement doit être faite en suivant une méthode bien définie, pour obtenir des résultats comparables. Une bille d'acier de 3,5 g et de 9,5 mm de diamètre est placée sur un petit disque de bitume posé sur un anneau de métal de 19 mm de diamètre. L'ensemble est chauffé à vitesse constante (5 °C/min). Le point de ramollissement bille et anneau (TBA) est la température à laquelle le poids de la bille imprime à l'échantillon une déformation verticale de 25 mm.

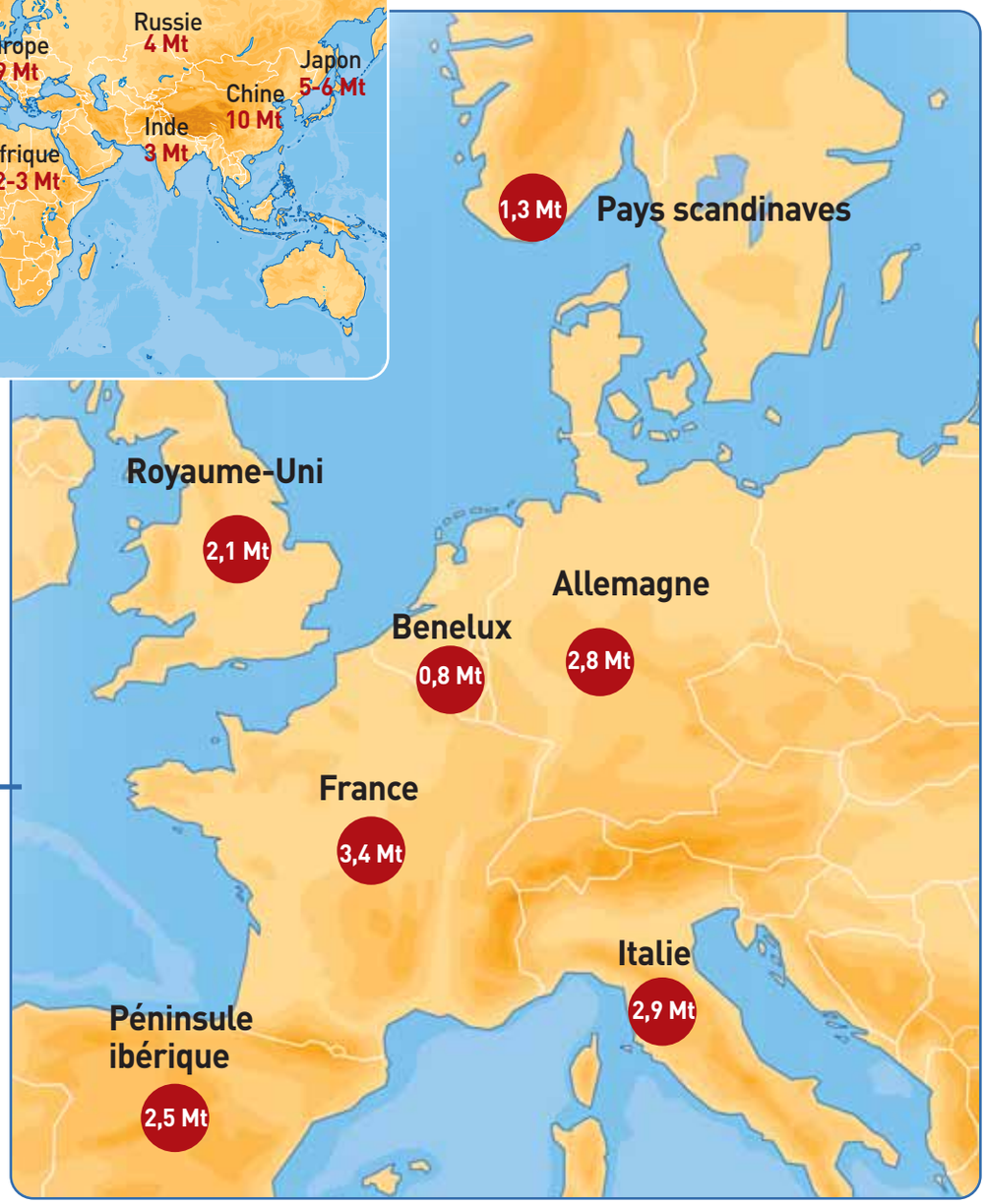


Le marché du bitume

Estimation de la consommation mondiale : 80-85 Mt



Consommation européenne



Environ 90 % du bitume est utilisé pour la construction routière. Les consommations de bitume sont donc largement proportionnelles à l'importance des réseaux routiers, à leur développement et à la qualité de leur entretien. L' Amérique du Nord, avec son immense réseau, vient largement en tête, suivie de l'Europe, où la croissance des échanges commerciaux entraîne une forte demande de développement des infrastructures routières.
En Asie, le bond en avant de l'économie chinoise dope la demande depuis plusieurs années.

Sources : EAPA, Eurobitume, Asphalt Institute, GPB.

Transport en mer par navire à double coque

Chargement d'un camion citerne

“ En France, plaque tournante européenne, développement et entretien des infrastructures maintiennent la demande à un niveau élevé. “

France

En France, comme dans une majorité de pays européens, plus de 90 % de la consommation globale de bitume est consacrée aux applications routières, les applications industrielles, principalement les membranes bitumineuses, absorbant un peu moins de 10 % de la consommation globale.

La France présente une particularité dans les applications, puisque la répartition entre bitume utilisé dans la technique d'enrobage à chaud et dans les techniques dites à "froid" (émulsions et bitumes fluxés), est différente, avec 70 % pour les premières et 30 % pour les secondes, de ce qu'elle est dans le reste de l'Europe, où ces proportions sont respectivement en moyenne de 85 % et de 15 %. Cette situation s'explique par une histoire, notamment des choix faits par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées au sortir de la Seconde Guerre mondiale, et une culture technique propre à certains grands groupes routiers, qui se sont attachés à développer et promouvoir les techniques à froid. Le fait que notre pays possède un réseau de routes secondaires exceptionnellement dense joue également en faveur de l'emploi des techniques à froid pour l'entretien de ces voies peu circulées (enduits, ECF, graves-émulsion).

Le marché des produits routiers bitumineux à chaud, par ailleurs, continue de progresser régulièrement, avec une tendance marquée à l'utilisation accrue des bitumes durs et des bitumes spéciaux. Les enrobés à chaud entrent de plus en plus souvent dans la composition des couches de base des chaussées, où ils sont préférés aux liants hydrauliques traditionnels, grâce à leurs principaux atouts, c'est-à-dire l'étanchéité, la souplesse et la résistance à la fissuration, tout en assurant la portance attendue. Le “feuilleté” d'enrobés bitumineux composé des couches de base, de liaison et de roulement, rendues solidaires par les couches d'accrochage, possède en effet des propriétés mécaniques qui lui permettent de bien répartir et supporter les contraintes imposées par le roulement des poids lourds.

Par ailleurs, la réalisation des enrobés fait appel à des bitumes durs ou à des bitumes spéciaux pour les couches inférieures, afin d'obtenir de meilleures performances avec des quantités réduites de matériaux. Pour les couches de roulement, de plus en plus minces, on fait appel à des bitumes polymères qui, associés à des granulats de haute qualité, apportent les caractéristiques de micro et macro-rugosité de surface indispensables à l'adhérence pneumatique/chaussée (sécurité), ainsi qu'un pouvoir drainant amélioré (confort).

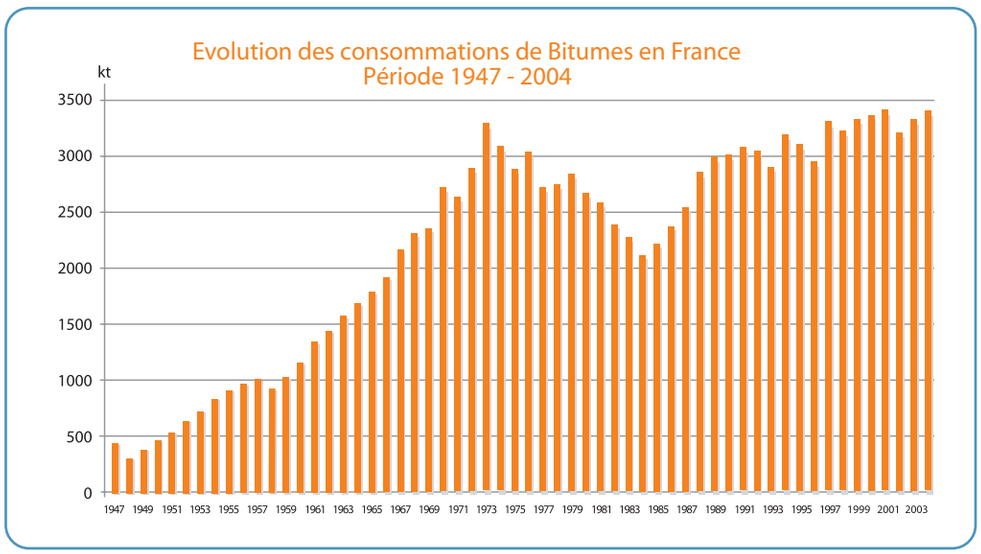
Grâce à cette technique, dont notre pays est aujourd'hui le leader, il est possible, en renforçant la structure par rechargement de la couche de liaison et/ou de la couche de base, d'en assurer l'aménagement progressif, c'est-à-dire l'adaptation aux évolutions réelles du trafic routier. Cette solution rendue possible par le “tout enrobés bitumineux” connaît une faveur grandissante auprès des maîtres d'ouvrage à qui elle permet d'étaler les investissements dans le temps.

Les tendances

La consommation mondiale de bitume augmente régulièrement. Elle est notamment dopée par la demande chinoise, qui a connu une croissance très rapide ces dernières années, avec la mise en œuvre d'un programme de construction routière impressionnant : environ 80 000 km de routes et autoroutes ont été construits ou réhabilités au cours de la décennie écoulée et l'on peut prévoir que cette tendance va se poursuivre dans les années à venir à un rythme soutenu.

A l'échelle de l'Europe, l'entrée des pays d'Europe Centrale dans l'Union Européenne, avec la mise aux normes et le développement d'un réseau routier aujourd'hui peu adapté au développement du trafic que connaît cette région, devrait se traduire par une croissance de la consommation de bitume, dans les années à venir.

En France, dont on connaît le rôle de plaque tournante du trafic routier entre le nord et le sud de l'UE, les besoins de création d'infrastructures nouvelles et d'amélioration des infrastructures existantes, pour faire face au développement du transport exigé par la poursuite de la croissance économique, devraient se traduire par le maintien d'une hausse de la consommation au moins équivalente à celle des dernières années. ■



Approvisionner les usines et les chantiers

Approvisionner à temps les milliers de chantiers qui consomment chaque année les quelque 3 millions de tonnes de bitumes que représentent les applications routières (90 % des besoins en bitume de notre pays), à raison de quelques tonnes pour les uns et de plusieurs dizaines de milliers de tonnes pour les autres, tel est le défi que doit sans cesse relever l'industrie du bitume.
12 raffineries situées en France, auxquelles viennent en appoint autant de raffineries proches de nos frontières, ont la charge de la production de l'ensemble du bitume. Celui-ci est ensuite mis en œuvre dans plus de 400 postes d'enrobage fixes, ou bien transformé dans 140 usines de liants, répartis à travers tout le territoire, sans oublier les dizaines de postes mobiles installés temporairement selon les besoins des grands chantiers. Grâce à une organisation à la fois rigoureuse et flexible, capable aussi bien d'organiser les importations de pétroles bruts, dans les qualités et les quantités nécessaires, que de réagir avec promptitude aux inévitables aléas inhérents aux travaux publics, les professionnels du bitume relèvent ce défi avec succès.

Rechargement de la chaussée d'une autoroute, sans interruption du trafic : la rapidité de mise en œuvre et de remise en circulation est un des grands atouts du bitume.

Les produits bitumineux et leurs applications

En France, la grande majorité (plus de 90 %) des bitumes sont utilisés pour la construction des routes, en raison de leurs propriétés mécaniques uniques. Une petite partie (moins de 10 %) est destinée à divers usages industriels exploitant principalement leurs propriétés d'étanchéité et d'isolation.

Bitumes et produits bitumineux

Les bitumes sont fabriqués industriellement par la distillation des pétroles bruts. Ces bitumes peuvent être utilisés tels quels ou servir de base à l'élaboration de bitumes de classes intermédiaires. Certaines qualités sont fabriquées par soufflage ou rectification à l'air, d'autres par désasphaltage de certaines bases au moyen d'un solvant sélectif. On peut aussi y ajouter des polymères ou des additifs pour en modifier les propriétés physico-chimiques. La combinaison de ces procédés permet d'obtenir une gamme très variée de produits pouvant répondre aux exigences d'utilisations très différentes.

Bitumes purs

Les plus communs des bitumes routiers sont obtenus en raffinerie par distillation directe, sauf les plus durs pour lesquels on peut faire appel à la rectification à l'air ou au désasphaltage (voir p. 4 à 9). La plage de pénétrabilité, qui caractérise la dureté, varie de 50/70 à 160/220 pour les bitumes considérés comme mous, et de 10/20 à 35/50 pour les bitumes appelés durs sur les chantiers (cette terminologie ne correspond pas exactement au classement retenu par les normes).

Grâce aux liants clairs, il est possible d'améliorer le confort visuel et la sécurité dans les tunnels.

Bitumes modifiés par des polymères

Ce sont des bitumes dans lesquels on a incorporé un ou plusieurs polymères (élastomère ou plastomère), pour en améliorer les performances. Les élastomères sont les plus utilisés en France. Ces liants apportent à l'enrobé bitumineux de hautes performances : faible susceptibilité à la température et aux temps de charge, bonne résistance au fluage et à la fatigue, bonne souplesse au froid et comportement élastique. Certains polymères favorisent la résistance au kérosène (bitumes "anti-K").

Bitumes spéciaux

Les bitumes multigrades sont des bitumes élaborés en raffinerie sans ajout. Ils ont une susceptibilité à la température plus faible (la viscosité chute plus lentement lorsque la température augmente). Les bitumes pigmentables sont issus d'un procédé spécial de fabrication destiné à les rendre capables d'intégrer un pigment (leur base contient moins d'asphaltènes).
Les liants clairs sont des produits synthétiques translucides en film mince, obtenus par la combinaison d'huiles, de résines et souvent de polymères.

Les bitumes purs, modifiés et spéciaux s'utilisent à chaud, à des températures de l'ordre de 150 °C. Ces trois types de bitume peuvent être transformés par ajout de fluidifiants ou de fluxants. Ils peuvent aussi être mis en émulsion.

> **"La combinaison des procédés de fabrication permet d'obtenir des produits répondant à des exigences d'utilisation très différentes."**

Bitumes fluidifiés

Pour faciliter la mise en oeuvre, on réduit la viscosité en ajoutant des fluidifiants (par exemple le kérosène) qui ramollissent le bitume. Certains bitumes fluidifiés peuvent être appliqués à température ambiante. L'usage routier de ces produits a quasiment disparu en France.

Bitumes fluxés

L'ajout d'un fluxant, souvent une huile, ramollit le bitume et permet sa mise en œuvre à une température légèrement supérieure à 100 °C. La partie la plus légère du fluxant s'évapore tandis que la plus lourde a pour rôle de plastifier le liant en place.

Emulsions de bitume

L'émulsion est une dispersion très fine du bitume dans l'eau. Il en existe deux catégories : les émulsions anioniques et les émulsions cationiques. La stabilité de la dispersion est obtenue par l'ajout d'un tensioactif qui réduit la tension interfaciale eau / bitume et polarise les globules de bitume soit négativement (émulsion anionique), soit positivement (émulsion cationique). C'est la nature du tensioactif qui détermine la polarité de l'émulsion. Les émulsions de bitume peuvent être mises en oeuvre à température modérée (< 80 °C), voire à température ambiante. Les émulsions cationiques sont aujourd'hui les plus utilisées en France.

Bitumes industriels

On distingue les bitumes oxydés (R – grades) et les bitumes industriels durs (H – grades), obtenus par soufflage à l'air de bases sélectionnées. Pour des pénétrabilités identiques, le bitume soufflé présente un point de ramollissement plus élevé que les bitumes conventionnels obtenus par distillation directe. Ses propriétés viscoélastiques sont également différentes.

Enduisage à l'émulsion d'une route départementale : faciles à stocker et à mettre en œuvre, les émulsions de bitume permettent l'entretien à coût réduit des routes secondaires.

Cette piste cyclable s'intègre parfaitement dans le paysage, grâce à l'utilisation d'un liant clair associé à un granulat d'origine locale.

De plus en plus, les pistes et les taxiways des terrains d'aviation destinés au trafic lourd font appel aux matériaux bitumineux.

Les applications des produits bitumineux

Applications routières

Les matériaux bitumineux, employés depuis le début du XXe siècle pour le revêtement des chaussées très circulées (couche de roulement), ont vu leur utilisation étendue à partir des années 1960-70 à la constitution des couches d'assises (couche de liaison, couche de base).

Aujourd'hui, en construction neuve, les matériaux traités avec un liant bitumineux représentent pratiquement la totalité des couches de roulement des chaussées revêtues et ils offrent une solution de plus en plus prisée pour les couches d'assise des chaussées à moyen et fort trafic. De même, la totalité des opérations d'entretien et de rénovation des chaussées revêtues fait appel aux liants bitumineux. L'évolution du trafic routier, en particulier l'accroissement des contraintes engendrées par les poids lourds, et les exigences accrues dans le domaine de la sécurité et du confort, auxquelles s'ajoutent aujourd'hui des considérations liées à la préservation des ressources et à la protection de l'environnement, expliquent cette montée en puissance d'un matériau dont les qualités d'économie à la production, de facilité de mise en œuvre et de durabilité à l'usage ne sont plus à démontrer.

Rôle du bitume dans la chaussée

Le pouvoir collant du bitume en fait un matériau de construction essentiel, bien qu'il n'entre qu'en faible proportion (4 à 7 % en masse) dans la plupart des mélanges bitumineux routiers. Il contribue par ses propriétés viscoélastiques au comportement mécanique de la structure de la chaussée. Il en assure également l'étanchéité du fait de son insensibilité à la plupart des agents chimiques usuels, en particulier l'eau.

Une chaussée, rappelons-le, est une structure constituée d'une superposition de couches : couche de roulement, couche de liaison, couche de base, couche de fondation. La couche de roulement et la couche de liaison sont aujourd'hui habituellement réalisées en matériaux bitumineux. La couche de base, traditionnellement réalisée au liant hydraulique, fait de plus en plus largement appel aux liants bitumineux.

Il faut noter que, conséquence de l'évolution du trafic routier (plus lourd et canalisé), on utilise des bitumes de plus en plus durs, de classe 35/50 plutôt que le traditionnel 50/70. Pour certaines applications, en particulier les graves-bitume structurantes des couches inférieures… pour chaussées à trafic lourd, l'emploi de bitumes 15/25 et même 10/20, n'est plus une exception.

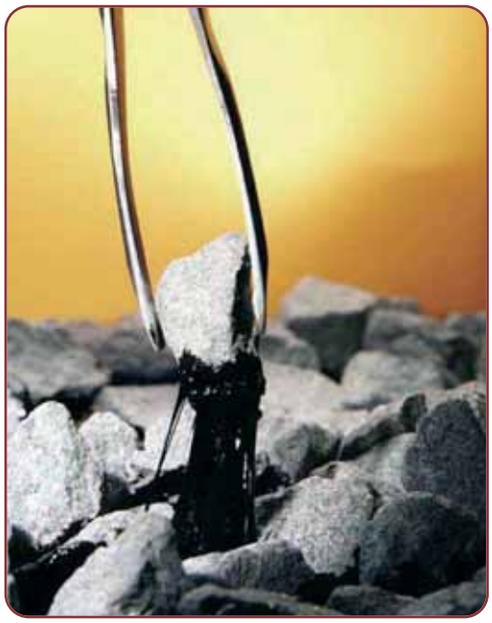
La couche de base

La couche de base en grave-bitume est la première couche liée par un bitume, au-dessus de la couche de fondation. C'est elle qui donne la rigidité (module) à la structure de la chaussée. A la différence des couches supérieures, elle ne subit pas des efforts de compression mais de traction. Cette sollicitation tend à générer des fissures qui se propagent du bas vers le haut. Pour éviter ce phénomène de dégradation lié à l'endommagement par fatigue, on fait appel à un bitume conventionnel plutôt dur et à forte adhésivité, et aujourd'hui à une teneur élevée (4,3 %), afin d'assurer la cohésion de l'enrobé. La durée de vie des couches de bases est de 30 à 40 ans sur les autoroutes.

> **“ Un matériau dont les qualités d'économie, de facilité de mise en œuvre et de durabilité à l'usage ne sont plus à démontrer. “**

La couche de liaison

La couche de liaison fait appel à des bitumes durs (35/50) ou spéciaux (multigrades ou anti-orniérants). Elle renforce la structure de la route, grâce à une bonne résistance à la déformation provenant de la nature du bitume et de son épaisseur (5 à 15 cm). La couche de liaison est conçue pour être recouverte par une couche de surface. Elle doit pouvoir évoluer en fonction du trafic et subir des rechargements en même temps que le renouvellement de la couche de roulement. Elle est conçue pour durer 15 à 20 ans.



“ Grâce au bitume, les couches de roulement des chaussées répondent aux impératifs de sécurité, de confort et d’économie. “

La couche d’accrochage *joue un rôle important dans la tenue des chaussées, qui est d’assurer le collage des différentes couches entre elles. C’est elle en effet qui transmet les contraintes mécaniques induites par les véhicules depuis la couche de surface jusqu’à la couche de base, de façon à ce que l’ensemble des couches se comporte comme un massif homogène. La couche d’accrochage est posée sous forme d’émulsion réalisée à partir de bitumes purs ou modifiés par des polymères exempts de tout fluidifiant ou de fluxant afin de conserver une consistance suffisante.*

La couche de roulement

La couche de roulement ou de surface, qu’on appelle aussi couche d’usure, est généralement constituée d’un enrobé bitumineux de faible épaisseur (2 à 5 cm), formulé spécialement avec une teneur élevée de bitume. Elle répond aux exigences du trafic dans une optique de sécurité et de confort et elle est conçue pour durer entre 5 et 10 ans.

Les principales qualités requises sont :

- la rugosité : le bitume, grâce à sa force de cohésion, maintient les granulats en place, conservant ainsi la texture de l’enrobé ;
- la durabilité : malgré son vieillissement dû à l’oxydation et aux variations de température, le bitume doit résister aux forces d’arrachement ;
- l’étanchéité : la compacité de l’enrobé protège les couches inférieures ;
- la résistance à l’orniérage : le bitume de visco-élasticité suffisante aux températures élevées de service apporte la résistance à la déformation permanente ;
- l’uni : assuré par la qualité de la mise en oeuvre et la stabilité de l’ouvrage, il contribue à la sécurité et au confort de conduite.

Des qualités supplémentaires peuvent être recherchées : confort sonore (enrobés phoniques à taux de vide plus élevé), réduction des projections d’eau (enrobés drainants à formulation spéciale), confort visuel et sécurité (enrobés clairs ou pigmentables, à base de liant clair synthétique). A chaque fois, le bitume permet d’apporter la solution adaptée, grâce à la richesse de ses propriétés physico-chimiques.

Pour les routes peu circulées, certaines départementales par exemple, la recherche de solutions à faible coût conduit à utiliser à la place des enrobés des enduits superficiels, réalisés à partir d’émulsion de bitume dont le stockage, le transport et la mise en oeuvre se font à température modérée.

En réalisant un enduit superficiel, on cherche à obtenir les mêmes qualités pour la couche de surface :

- adhérence : régénération de la rugosité de surface ;
- étanchéité : le film de bitume empêche l’eau de pénétrer dans les couches inférieures ;
- durabilité : le couple adhésivité/cohésivité du bitume empêche le départ des granulats (plumage).

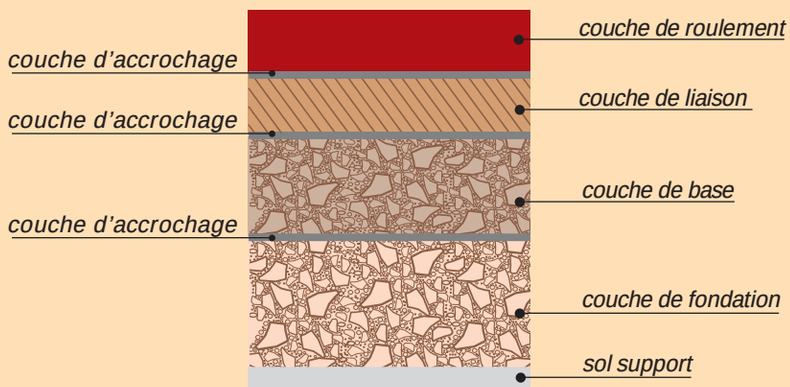
Les émulsions pour enduits superficiels sont à base de bitumes émulsionnables (acidifiés ou non).

Les enrobés coulés à froid (ECF) sont constitués d’un squelette granulaire, semblable à celui des enrobés à chaud, lié par une émulsion de bitume. Ils sont réalisés et mis en œuvre par des camions usines transportant l’émulsion spéciale, les granulats, l’eau d’apport, un stabilisant et un rupteur approprié. L’ajustement de la formule se fait au fil du chantier, afin d’obtenir le temps de rupture adapté aux exigences de remise en circulation.

Une solution originale : les pavés jointoyés au bitume pour les voies de tramways.

Fiche technique

Structure d’une chaussée



Les matériaux bitumineux, présents dans la quasi totalité des couches de roulement, offrent une solution de plus en plus utilisée pour les couches d’assise.

Grâce aux géomembranes, il est possible de réaliser l'étanchéité d'ouvrages de très grandes dimensions, comme le canal Rhin-Rhône Mulhouse-Niffer (68).

Pose d'une géomembrane pour l'étanchéité d'un bassin de loisir.

Applications hydrauliques

Les performances du bitume en matière d'étanchéité sont connues depuis la plus haute Antiquité. On peut voir encore aujourd'hui des ouvrages hydrauliques à base de bitume vieux de 3 000 ans, telles les digues du Tigre, à Assur, en Mésopotamie, encore en bon état.

Imperméables, insensibles à l'eau, résistant à la plupart des agents chimiques courants et aux micro-organismes, durables, les bitumes possèdent une grande aptitude à résoudre de nombreux problèmes d'hydraulique. La souplesse des étanchéités bitumineuses leur permet de s'adapter aux tassements de leur support sans se fissurer ni perdre leurs propriétés.

Pour les applications hydrauliques, les bitumes peuvent être utilisés purs ou sous forme de membranes bitumineuses préfabriquées, d'asphalte coulée ou d'enrobés.

Enrobés étanches pour masques amont de barrage

Le masque étanche est composé d'une couche support (binder) de 10 cm d'épaisseur sur laquelle sont appliquées une ou deux couches de 6 cm d'épaisseur chacune de béton bitumineux étanche (teneur en bitume : 7 à 9 %, teneur en vide < 3 %). Plus de dix grands barrages en France possèdent une étanchéité amont en enrobés bitumineux étanches. Ce type de masque permet aussi de réaliser l'étanchéité de grands réservoirs d'eau (centrales nucléaires, bassins de loisirs et d'irrigation) ou de réaliser la carapace étanche de digues maritimes (Dunkerque).

Enrobés étanches pour écran interne de barrage

L'étanchéité d'un barrage peut être assurée à l'intérieur du barrage lui-même, sous la forme d'un écran étanche en enrobés bitumineux d'épaisseur comprise entre 0,60 et 1 m, noyé au milieu de la structure du barrage.

Enrobés étanches pour revêtements de canaux

Les enrobés bitumineux permettent aussi de réaliser l'étanchéité des canaux de navigation, d'irrigation ou d'amenée d'eau aux chutes hydroélectriques. Un des grands avantages des géomembranes bitumineuses est que, grâce à leur plasticité, elles épousent étroitement la structure, même en cas de mouvement de celle-ci, par exemple en cas de glissement de terrain.

Géomembranes bitumineuses

L'excellente résistance du bitume à de nombreux produits chimiques et aux micro-organismes permet d'utiliser des géomembranes bitumineuses au contact de divers polluants non-huileux. C'est pourquoi elles sont utilisées pour étancher supports de ballast, barrages, canaux, réservoirs, bassins de lagunage d'eaux usées, bassins de stockage de boues industrielles, décharges contrôlées, etc.

Les membranes sont préfabriquées en usine en rouleaux de grande largeur (supérieure ou égale à 4 m). Elles sont constituées d'un géotextile en fibres de polyester non tissées, imprégné d'un mélange bitume-polymère fillérisé.

> **“ Imperméables, insensibles à l'eau, résistants à la plupart des agents chimiques courants et aux micro-organismes, les bitumes sont aptes à résoudre de nombreux problèmes d'hydraulique. “**

Réalisation d'un trottoir à base de liant bitumineux et de granulats colorés.

> « Les applications industrielles, c'est-à-dire autres que routières et hydrauliques, du bitume font souvent appel à des produits spécifiques. »

Applications industrielles

Les utilisations industrielles du bitume, c'est-à-dire autres que routières et hydrauliques, sont multiples et variées. Elles font souvent appel à des produits spécifiques.

Bâtiments, ouvrages d'art, trottoirs

Après la route, le bâtiment, les ouvrages d'art et les trottoirs constituent le second domaine d'utilisation du bitume. Son étanchéité à l'eau et à l'air, son pouvoir liant et sa souplesse en font un excellent matériau d'étanchéité des toitures et des ouvrages d'art. Ses propriétés isolantes et sa capacité d'absorption des vibrations lui permettent de contribuer à l'isolation thermique et acoustique des bâtiments. Sa souplesse en fait le matériau idéal pour le revêtement des trottoirs.

Etanchéité par membranes bitumineuses

L'étanchéité des toitures terrasses et des ouvrages d'art (ponts, viaducs…) est souvent assurée par des membranes d'étanchéité réalisées pour la plupart à base de bitume. Les membranes ou chapes d'étanchéité sont fabriquées en usine. Elles se composent d'une armature (voile de verre, feutre polyester) surfacée principalement avec du bitume-polymère mélangé à une charge minérale très fine (filler).

Certaines chapes sont revêtues, sur la face destinée à être exposée aux intempéries ou circulée, d'une protection mécanique (paillettes minérales, feuille d'aluminium ou de cuivre…). Les membranes d'étanchéité, conditionnées en rouleaux, permettent de réaliser une étanchéité monocouche ou multicouche, par collage ou soudage. Le collage est réalisé à l'aide d'un enduit d'application à chaud (EAC), constitué par du bitume oxydé, livré en pains et réchauffé sur le chantier. Le soudage est réalisé par chauffage au chalumeau des faces à assembler.

Le bitume entrant dans la composition de ces produits d'étanchéité doit résister à l'eau, aux chocs thermiques, aux sollicitations mécaniques et au vieillissement sous l'effet du soleil et de l'oxygène de l'air. Deux types de bitume répondent à ces exigences : les bitumes soufflés et les bitumes-polymères.

Pose mécanisée d'une étanchéité d'ouvrage d'art.

Réalisations à base d'asphalte

A l'origine, le mot "asphalte" désigne une roche sédimentaire naturelle, en général calcaire, imprégnée de bitume natif dans une proportion d'environ 10 %. Cet asphalte peut être broyé en poudre et utilisé après chauffage comme un enrobé routier. On en trouve quelques gisements en France, notamment dans le Gard.

Dans la pratique, aujourd'hui, l'asphalte est un mélange de bitume, de fines calcaires ou siliceuses, de sable et de gravillons. Dans certaines formulations, on ajoute une faible quantité d'asphalte naturel. Il diffère des enrobés routiers

La chaussée du viaduc de Millau a exigé la mise au point d'un complexe étanchéité roulement bitumineux original, capable de résister à des efforts particulièrement contraignants, dus à la structure de l'ouvrage.

Application manuelle d'un asphalte coulé coloré.

par sa teneur en bitume (7 à 14 % en masse) et en fines (20 à 70 %). A la température élevée (< 230 °C) où se fait son application, il ne nécessite aucun compactage (autocompactant). C'est un matériau dont la teneur en vides, voisine de zéro, assure une parfaite étanchéité. Il présente une forte résistance au poinçonnement et au vieillissement et il permet de multiples réalisations.

Etanchéité : toitures-terrasses, parkings, ponts et ouvrages d'art.
Voirie : routes, rues, canivaux, trottoirs, places.
Equipements collectifs : cours d'école, hangars de stockage, salles de sport, quais de métro ou de gare, etc.
Bâtiments alimentaires : chambres froides, hangars de mûrissement, stabulation, étables, etc.
Isolation phonique : chapes flottantes coulées à chaud sur support isolant.

Isolation thermique et phonique des bâtiments

Incorporé dans certains isolants à base de laine de verre (bitume soufflé) ou dans certains panneaux de fibres de bois (bitume dur), le bitume participe à l'isolation phonique et thermique des bâtiments.

Peintures, encres et vernis

Le bitume, en solution ou en émulsion, peut entrer dans la composition de peintures, de primaires d'accrochage et de vernis pour assurer la protection contre l'humidité ou la corrosion. De nombreuses encres noires renferment du bitume.

Autres applications

Le bitume peut entrer dans de nombreuses autres applications, parmi lesquelles ont peut citer :
• Insonorisation de pièces d'automobiles (amortissement des vibrations)
• Industrie du caoutchouc (facilite le démoulage)
• Enduction de papier d'emballage (étanchéité)
• Isolation électrique et piles électriques (résistivité électrique)
• Condensateurs (constante diélectrique)
• Face inférieure de moquettes (amortissement et collage)
• Agriculture (germination accélérée grâce à un tapis d'émulsion biodégradable, le "mulch")
• Pigeons d'argile (propriétés mécaniques)
• Graisses spéciales utilisées dans des conditions de température et de pression très élevées (laminoires). ■

Une cible volante pour le tir au "pigeon d'argile" réalisée à partir d'un bitume spécial.

La qualité de fabrication et les performances des bitumes font l'objet de contrôles rigoureux et normalisés.

Qualité, normes et spécifications

Les bitumes sont des produits industriels répondant à des spécifications définies par des normes homologuées, qui sont le résultat d'un long effort d'unification effectué d'abord dans les cadres nationaux. La première d'entre elles, EN 12597, définit tous les liants hydrocarbonés d'origine pétrolière. Pour les pays européens, un ensemble de normes a été publié en 1999. Le travail se poursuit et de nouvelles normes sont en cours d'élaboration dans le cadre communautaire.

Bien qu'ils soient issus d'un produit naturel d'origine organique, le pétrole brut, dont les caractéristiques sont diverses, les bitumes et les produits bitumineux mis sur le marché doivent présenter des qualités définies et constantes. Les spécifications qui définissent ces qualités portent sur les propriétés physico-chimiques intrinsèques du bitume et sur ses performances, en tant que liant destiné à être incorporé dans un matériau complexe (enrobé, asphalte, enduit superficiel, etc.) destiné à diverses applications (route, étanchéité, industrie). Elles ont pour but de déterminer les valeurs limites de certaines caractéristiques : consistance, viscosité, adhésivité, solubilité, point de rupture, résistance au vieillissement et d'autres spécificités propres au fabricant.

La maîtrise de la qualité commence bien avant la fabrication proprement dite, avec l'analyse des pétroles bruts. Tous les bruts ne sont en effet pas également utilisables pour la production de bitume, puisque 10 % environ des 1 300 variétés de pétroles connues sont des bruts à bitume. La première tâche des raffineurs est de prédire et vérifier les propriétés des coupes les plus lourdes des pétroles bruts utilisés, afin d'en doser correctement la combinaison en fonction du résultat recherché.

La qualité du bitume obtenu en raffinerie fait l'objet d'une série de contrôles en laboratoire. Ils portent sur les paramètres de base, pénétrabilité à l'aiguille, point de ramollissement, etc., et garantissent la conformité du produit, attestée sur le bon de livraison.

A la sortie de la raffinerie, le bitume est livré sur le lieu de son utilisation. A réception, la conformité du bitume est vérifiée par le client, au moyen d'essais en laboratoire portant sur ces mêmes paramètres. D'autres essais suivront, lors de la mise en oeuvre et après celle-ci (vérification du produit fini).

Cette chaîne de contrôles, qui a pour but de garantir la qualité du produit final, repose sur l'existence de méthodes d'essai et de mesures normalisés. Les essais utilisés pour caractériser les liants sont empiriques, à l'exception de la mesure de la viscosité. Largement répandus depuis les années 1950, ils sont bien maîtrisés, relativement faciles à mettre en oeuvre et présentent pour la plupart une répétabilité et une reproductibilité acceptables.

Les spécifications

Une spécification a pour but de fixer une ou des limites à la valeur vraie pour une caractéristique donnée. La caractéristique est mesurée en laboratoire en appliquant une méthode d'essai normalisée, dont les résultats peuvent avoir une dispersion définie par sa répétabilité et sa reproductibilité. Par conséquent, il existe quelques incertitudes quant à la valeur vraie de chaque caractéristique mesurée.

Rappelons les règles en vigueur lorsque les caractéristiques du produit se situent au voisinage de leurs limites :

• Si les contrôles sur une même livraison portent sur un nombre d'essais suffisants et que la moyenne se situe en dehors des limites, le produit est considéré comme hors spécification et le refus de fourniture du produit est justifié.

• Si le contrôle de réception porte sur un ou deux résultats (cas le plus fréquent) et que les valeurs trouvées sont proches de la limite mais en dehors de la fourchette, il faut se référer à la norme ISO 4259 "Détermination et application des valeurs de fidélité relatives aux méthodes d'essai". Cette norme traite du calcul des estimations de fidélité et de leur application aux spécifications, ce qui permet d'accepter ou de rejeter le produit en fonction du niveau de confiance retenu (95 %).

Quel que soit le niveau de précision d'un essai, la répétabilité[1] et la reproductibilité[2] peuvent conduire à des résultats différents pour un même produit. Un autre facteur important est la représentativité de l'échantillon. La norme EN 58 "Echantillonnage des liants bitumineux" définit la procédure de la prise d'échantillon et il convient de la respecter scrupuleusement pour garantir la fiabilité des opérations de contrôle.

1- Répétabilité : *la différence entre deux résultats successifs obtenus par le même opérateur, avec le même appareillage, dans des conditions opératoires identiques et sur un même produit au cours d'une longue série d'essais effectués en appliquant normalement et correctement la méthode d'essai.*

2- Reproductibilité : *la différence entre deux résultats d'essai uniques et indépendants obtenus par des opérateurs différents travaillant dans des laboratoires différents sur des produits identiques, en appliquant correctement et normalement la méthode d'essai.*

Bitumes purs - Norme européenne EN 12591*

** Classes de bitume les plus appropriées en France.*

Caractéristique	Unité	Méthode	Désignation des classes appropriées				
			20/30	35/50	50/70	70/100	160/220
Pénétrabilité à 25 °C, 100 g, 5 s	x 0,1 mm	EN 1426	20-30	35-50	50-70	70-100	160-220
Point de ramollissement Bille et Anneau	°C	EN 1427	55-63	50-58	46-54	43-51	35-43
Résistance au durcissement RTFOT à 163 °C		EN 12607-1					
. variation de masse maximum, +/-	%	EN 12607-1	0,5	0,5	0,5	0,8	1,0
. pénétrabilité restante, minimum	%	EN 1426	55	53	50	46	37
. point de ramollissement après durcissement, minimum	°C	EN 1427	57	52	48	45	37
. augmentation du point de ramollissement, maximum	°C	EN 1427	8	8	8	9	11
Point d'éclair	°C	EN ISO 2592	240	240	230	230	220
Solubilité, minimum	% (m/m)	EN 12592	99,0	99,0	99,0	99,0	99,0
Teneur en paraffine, maximum	% (m/m)	EN 12606-2	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

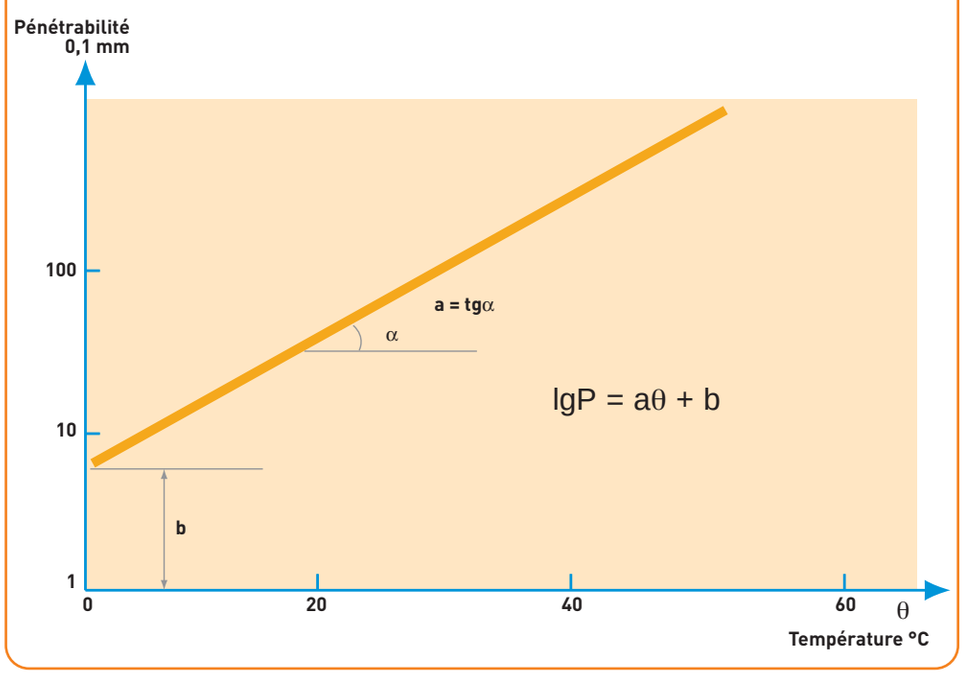
Les essais de caractérisation des bitumes

Depuis l'origine, les classes de bitumes purs sont identifiées par leurs limites de pénétrabilité. Avant 1990, un bitume respectant les spécifications de pénétrabilité respectait quasiment de fait les spécifications de température de ramollissement de la classe considérée. Cela s'explique par l'ouverture de l'intervalle imposé pour le point de ramollissement (13 °C). A partir des années 1990, un travail commun Administration, USIRF et GPB, a conduit à élargir certains intervalles de classes de pénétrabilité, tout en divisant par 2 celui imposé au point de ramollissement.

La pénétrabilité est représentative de la consistance du bitume aux températures normales de service. Le point de ramollissement bille anneau est représentatif de l'aptitude d'un bitume à résister à la déformation permanente aux températures de service élevées. Un autre essai est apparu dans la norme de 1992. Il s'agit du RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) qui permet d'apprécier la résistance au durcissement d'un bitume au cours de l'enrobage en centrale.

*3- **La norme ASTM D5** mesure également la température de ramollissement mais ces deux méthodes ne sont pas équivalentes et ne donnent donc pas des résultats identiques.*

Susceptibilité thermique du bitume



• Détermination de la pénétrabilité à l'aiguille (EN 1426)

Ce test permet de déterminer la consistance des bitumes et des liants bitumineux au moyen d'une aiguille de référence pénétrant verticalement dans un échantillon de liant, suivant des conditions parfaitement définies. La profondeur de pénétration est exprimée en dixièmes de millimètre.

Les conditions opératoires sont définies de la façon suivante :

- pénétrabilité inférieure ou égale à 350 x 0,1 mm : température de 25 °C, charge appliquée 100 g, durée d'application de la charge 5 s ;
- pénétrabilité supérieure à 350 x 0,1 mm : température d'essai de 15 °C, charge appliquée et durée d'application identiques.

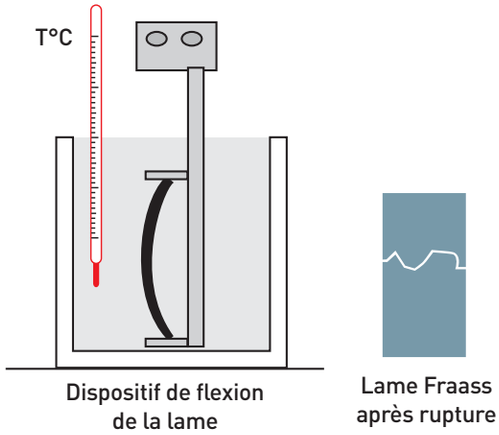
Le résultat de la mesure est la moyenne de trois piqûres effectuées successivement dans le même échantillon d'essai. Les trois déterminations sont considérées comme acceptables si les écarts entre les déterminations n'excèdent pas une valeur limite donnée dans la norme. La valeur de pénétrabilité est la moyenne des trois mesures, exprimée en dixièmes de millimètre et arrondie au nombre entier le plus proche.

• Détermination de la température de ramollissement par la méthode Bille et Anneau (EN 1427)[3]

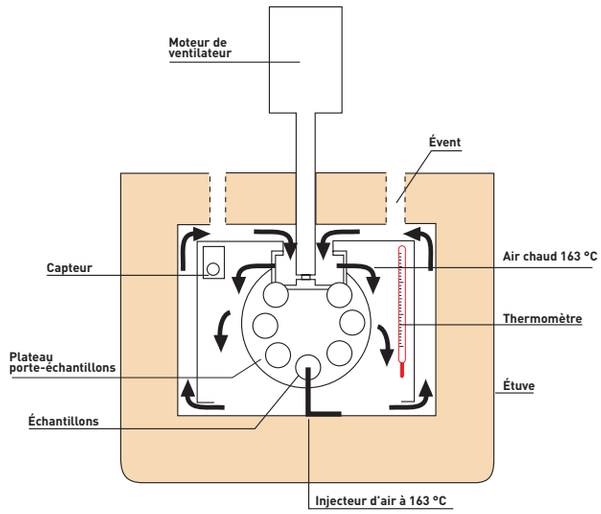
Ce test consiste à déterminer la température à laquelle un bitume atteint une certaine consistance dans les conditions de référence de l'essai. Le principe de l'essai est relativement simple : deux disques horizontaux de bitume, moulés dans des anneaux, sont chauffés dans un bain liquide avec un taux d'élévation de température contrôlé (5 °C/min), alors que chacun soutient une bille d'acier. La température de ramollissement notée doit correspondre à la moyenne des températures auxquelles les deux disques se ramollissent suffisamment pour permettre à chaque bille, enveloppée de liant bitumineux, de descendre d'une hauteur de 25,0 mm ± 0,4 mm. Le liquide de bain est de l'eau, pour les températures de ramollissement comprises entre 30 °C et 80 °C, et du glycérol, pour les points de ramollissements supérieurs à 80 °C et jusqu'à 150 °C. Le résultat est donné en arrondissant à 0,2 °C près la moyenne des deux températures enregistrées pour les températures de ramollissement inférieures ou égales à 80 °C et en arrondissant à 0,5 °C près pour les températures de ramollissement supérieures à 80 °C.

Schéma du test de fragilité "Fraass"

Le test "Fraass" permet de décrire le comportement du bitume à basse température (jusqu'à -30 °C).



Vieillissement des bitumes



Méthode RTFOT
Rolling Thin Film Oven Test

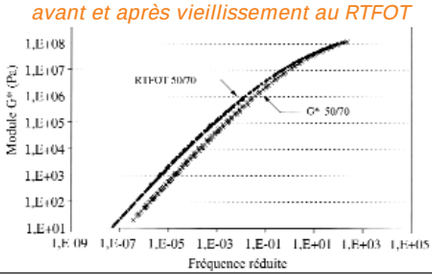
L'essai RTFOT est destiné à simuler en laboratoire le vieillissement du bitume provoqué par l'oxydation subie lors de l'enrobage, en exposant un film de bitume très fin à un courant d'air porté à 163 °C, pendant une durée de 75 minutes.

- **Détermination de la résistance au durcissement sous l'effet de la chaleur et de l'air - Méthode RTFOT ou Rolling Thin Film Oven Test** (EN 12607-1)

Cet essai permet de mesurer les effets combinés de la chaleur et de l'air sur un film mince de bitume ou de liant bitumineux en renouvellement permanent. Il simule le durcissement que subit un liant bitumineux au cours du malaxage dans une centrale d'enrobage.

En pratique, un film de liant bitumineux en renouvellement permanent est chauffé dans une étuve à une température et pendant un temps donnés en subissant un jet d'air chaud toutes les 4 secondes. Les effets de la chaleur et de l'air sont déterminés à partir de la variation de masse de l'échantillon et de l'évolution des caractéristiques du liant bitumineux, comme la pénétrabilité et le point de ramollissement. L'évolution d'autres caractéristiques peut être également mesurée.

Courbes maîtresses d'un bitume avant et après vieillissement au RTFOT



Autres tests

Il existe d'autres tests qui mesurent les paramètres suivants :

- **Densité** (prEN 15326)

La densité des bitumes est mesurée au pycnomètre, généralement à 25 °C. Elle est supérieure à 1 pour tous les bitumes routiers de pénétrabilité inférieure à 220 x 0,1 mm.

- **Perte de masse et de chauffage** (NF T 66-011)

Après avoir chauffé le bitume à 163 °C pendant 5 h dans les conditions prévues par la méthode, on mesure :

- la variation du poids de l'échantillon (en général < 1 %),
- la chute de la pénétrabilité (toujours < 30 %).

- **Point d'éclair** (EN ISO 2592)

Le point d'éclair d'un bitume (COC, Cleveland Open Cup) est la température minimale à laquelle il faut le porter pour que les vapeurs émises s'allument momentanément en présence d'une flamme, en opérant dans des conditions normalisées.

- **Point de feu** (EN ISO 2592)

Si, après avoir atteint le point d'éclair, on continue à chauffer le bitume en vase ouvert, celui-ci brûle de plus en plus longuement après avoir été enflammé. Le point de feu est la température minimale à laquelle un bitume soumis à une petite flamme présentée à sa surface, dans des conditions normalisées, s'allume et continue à brûler pendant un temps spécifié.

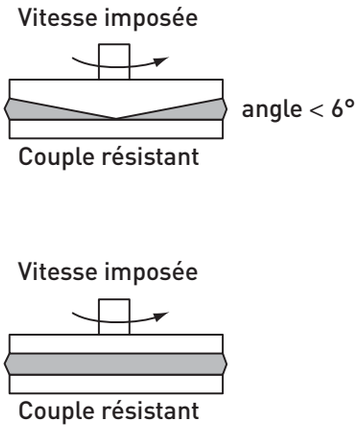
- **Solubilité** (EN 12592)

La solubilité d'un bitume est définie comme étant le pourcentage de matière soluble dans certains solvants (sulfure de carbone, trichloréthylène, tétrachlorure de carbone et tétrachloréthylène). En cas de contestation, le solvant de référence est le sulfure de carbone.

- **Détermination du point de fragilité Fraass** (EN 12593)

Le point de fragilité Fraass représente la température à laquelle un film de liant bitumineux d'une épaisseur donnée et uniforme se fissure sous des conditions de charge définies et répétées, lors du refroidissement de l'échantillon. Ce test permet une mesure de la fragilité des bitumes et des liants bitumineux à basse température. Le point de fragilité Fraass est la température à laquelle la première fissuration apparaît. Elle est exprimée en degrés Celsius et représente la moyenne de deux déterminations pour lesquelles l'écart de température est inférieur ou égal à 2 °C. Le résultat est un nombre entier.

Différentes méthodes de mesure de la viscosité



Dans le domaine de températures où le bitume est à l'état fluide (+60 à +200 °C), l'essai le plus simple consiste à appliquer une contrainte de cisaillement en plaçant une fine couche de liant entre deux plaques parallèles (plan-plan), ou entre une cône et une plaque, dont l'un(e) est fixe et l'autre tourne sur elle-même.

• La viscosité (EN 13702-1, 13702-2)

Initialement, la viscosité est définie comme la résistance d'un matériau à l'écoulement. Pour un fluide, c'est une mesure de son frottement interne. Dans le domaine des applications à températures élevées (entre 80 °C et 200 °C), on peut considérer le bitume comme un matériau liquide et la viscosité est la grandeur qui convient le mieux pour décrire son comportement rhéologique.

Selon la définition adoptée, on parle de viscosité dynamique, qui s'exprime en pascal x seconde (Pa.s), et de viscosité cinématique, exprimée en mm^2/s (une viscosité cinématique de 1 000 mm^2/s correspond à une viscosité dynamique de 1 Pa.s pour un liquide de masse volumique égale à 1 000 kg/m^3).

Aux températures élevées de mise en œuvre, la viscosité dynamique d'un bitume peut varier entre 0,1 et 1 Pa.s et sa viscosité cinématique de 100 à 1 000 mm^2/s.

Mesure de la viscosité

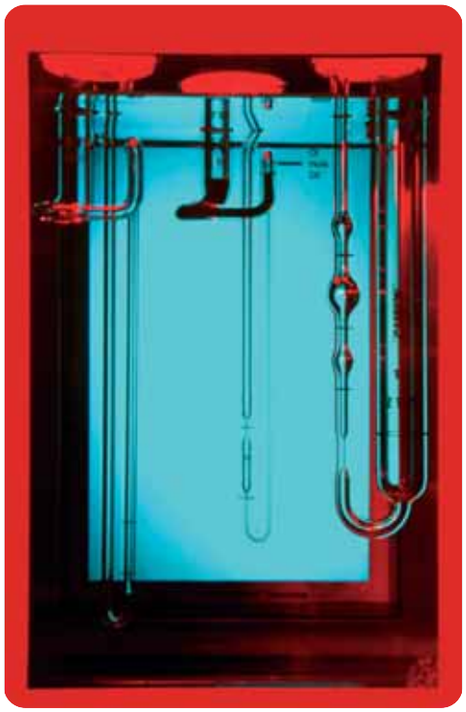
Lorsque le bitume est à l'état fluide, la mesure de viscosité peut s'effectuer par différentes méthodes. L'essai le plus simple consiste à appliquer une contrainte de cisaillement en plaçant une fine couche de liant entre deux plaques parallèles, dont l'une est fixe ; la mesure est faite lorsque le régime d'écoulement devient stationnaire. Le liant peut également être placé entre un cône et un plateau ou entre deux cylindres concentriques.

La méthode du tube capillaire, quant à elle, consiste à mesurer la vitesse d'écoulement obtenue en laissant le bitume s'écouler par gravité dans un tube capillaire de diamètre calibré. Pour des températures inférieures à 60 °C, auxquelles le bitume est très visqueux, on applique sur le réservoir de liant une pression contrôlée.

Dans les viscosimètres à bille, la viscosité est déterminée par la vitesse de déplacement d'une bille d'acier calibrée tombant par gravité dans un tube contenant du bitume.

La connaissance de la viscosité à 60 °C est particulièrement intéressante pour estimer la consistance des liants aux températures de service élevées, mais il faut savoir que dans cette zone de température la structure des bitumes peut évoluer de façon importante, en fonction de l'histoire récente de l'échantillon, des contraintes mécaniques et du temps, rendant la mesure incertaine.

Dans la gamme des températures de fabrication des enrobés, entre 140 °C et 160 °C, la viscosité doit atteindre 0,2 Pa.s. Dans le domaine des températures de service, entre -20 °C et +60 °C, le bitume doit avoir une consistance suffisamment élevée pour résister à chaud aux déformations permanentes et une rigidité suffisamment faible à froid pour ne pas devenir cassant.



Viscosimètre à écoulement

• Teneur en paraffine (EN 12606-2)

La méthode de détermination de la teneur en paraffine est basée sur la filtration de la paraffine rendue insoluble à -20 °C dans un mélange d'alcool et d'éther.

• Force - Ductilité (EN 13589)

Cet essai consiste à mesurer la force subie par une éprouvette soumise à un allongement. Cette éprouvette de forme déterminée est étirée à une vitesse de 50 mm/min, à la température imposée par l'essai.

La Normalisation européenne des bitumes

Les premières normes européennes sur les bitumes datent de décembre 1999. En particulier, les spécifications des bitumes routiers sont entrées en application début 2000, à la suite de 9 années de travail du Comité technique 19 "Produits pétroliers / sous-comité 1 Bitumes". En 2001, le sous-comité 1 Bitumes a été élevé au rang de Technical Committee (TC 336).

Les objectifs principaux de la normalisation sont de mettre en place :

- des normes communes ne faisant plus barrière aux échanges à l'intérieur des pays européens ;
- des normes harmonisées conformes aux exigences de la directive européenne sur les produits de construction permettant le marquage "CE" des produits.

Depuis 2000 et l'application de la norme de spécification des bitumes routiers (EN12591), le Comité européen de normalisation (CEN) a travaillé sur deux autres normes européennes :

- norme de spécifications des bitumes routiers durs prEN13924 ;
- norme de spécifications des bitumes routiers modifiés EN14023 (approuvée en 2005).

1. Evolution de la norme EN 12591

En 2004, le CEN a lancé la procédure de révision quinquennale des normes. La norme EN 12591, publiée en 1999, ne répondait pas strictement à certaines règles du CEN. Les autorités de normalisation ont exigé que cette révision s'accompagne d'une mise en conformité nécessaire avant d'y adjoindre les annexes permettant de la transformer en norme harmonisée, étape indispensable à l'application du marquage "CE". Eurobitume a proposé de se charger de reprendre le texte pour le mettre en conformité, après de nombreuses réunions de concertation.

Le projet proposé par Eurobitume comprend 8 classes de bitume définies par une pénétrabilité allant de 20 à 220 x 0,1 mm. Les classes de bitume de pénétrabilité > 250 x 0,1 mm et les bitumes de grades mous de la norme EN 12591, étant utilisés principalement dans les pays nordiques, pourront faire l'objet d'une norme à part.

Cette proposition de norme se caractérise par le fait que les propriétés sont divisées en 3 parties :

- propriétés d'application obligatoire : consistance aux températures intermédiaires de service et aux températures élevées de service, durabilité des propriétés ci-dessus ;
- propriétés requises en complément : solubilité, point d'éclair, perte de masse après RTFOT ;
- propriétés d'application optionnelles (la décision de prendre en compte ces propriétés sera prise par les comités nationaux de normalisation) : indice de pénétrabilité, viscosité cinématique à 135 °C, viscosité dynamique à 60 °C, température de fragilité Fraass.

2. Normalisation des bitumes modifiés et normes de spécifications en Europe

La norme EN 14023 adoptée en 2005 est dédiée aux bitumes modifiés par des polymères utilisés dans les applications routières. De nombreux types de bitumes polymères sont utilisés en Europe et, en fonction des conditions climatiques, du type de construction et des pratiques locales, des qualités différentes peuvent être utilisées pour des applications similaires. Le cadre indiqué dans cette norme définit a minima le liant adapté à l'usage prévu.

Les principales exigences portent sur :

- la consistance des bitumes modifiés aux températures intermédiaires de services (pénétrabilité EN 1426) ;
- la consistance des bitumes modifiés aux températures élevées de service (TBA EN 1427) ;
- la consistance des bitumes modifiés aux températures basses de service (Fraass/Force-Ductilité) ;
- la cohésion (Mouton-pendule) ;
- la tenue au vieillissement (RTFOT/PAV).

Les caractéristiques des bitumes modifiés sont désignées par des classes allant de la Classe 0 à la Classe 10. Etant donné la grande variété des classes existantes de bitumes modifiés et des usages routiers, il n'a pas été possible d'imposer un nombre limité de classes

En savoir plus...

Les normes de l'avenir

Jusqu'à présent, les spécifications et les normes se sont essentiellement intéressées à la composition et aux caractéristiques des bitumes, mesurées de façon empirique. Les professionnels du bitume, en Europe comme en Amérique du Nord, cherchent aujourd'hui à mettre au point des normes nouvelles, dites "performantielles", fondées sur une approche radicalement différente, qui prend en compte les performances du liant et du mastic qu'il constitue au sein de l'enrobé.

Il s'agit donc d'analyser les modes de dégradation en fonction du trafic et des conditions climatiques (eau, oxygène, rayonnement) et, une fois ces processus connus, de rechercher les propriétés intrinsèques du liant mises en jeu. Cette démarche implique la mise au point de nouvelles méthodes d'analyse de laboratoire, reposant par exemple sur la mesure du module dynamique (rigidité) et son évolution (suivi ce la consistance/rigidité du bitume) en fonction du temps. Il faut aussi parvenir à une bonne compréhension de l'évolution des propriétés de la liaison liant/granulat dans le temps. L'objectif est de permettre au formulateur de prédire les performances du matériau à l'état neuf et au cours de sa durée de vie dans l'ouvrage. Une des principales difficultés de cette approche réside dans la nécessité d'aborder les dégradations, orniérage et fissuration par fatigue, au fil du temps, ce qui implique de définir des essais de laboratoire permettant de mesurer ces caractéristiques sur le liant neuf et au cours de son vieillissement.

Cette démarche, orchestrée par l'association Eurobitume (voir p. 3), à laquelle participent scientifiques et experts spécialistes du bitume des principaux pays européens, est aujourd'hui dans une phase de vaste collecte de données recueillies par les laboratoires. Cette collecte concerne les évolutions du bitume lui-même, les dégradations subies par l'ouvrage dans lequel il est incorporé et les données les plus fines possibles sur les conditions de trafic et de climat au cours de la période considérée. Viendra ensuite, après la construction de modèles informatiques suffisamment puissants, la phase d'établissement de lois permettant, à partir des nouvelles normes, de prédire avec certitude le comportement des liants tout au long de la vie des ouvrages.

normalisées. Les méthodes d'essai retenues dans cette norme représentent la connaissance actuelle de l'ensemble de la profession.

3. Normalisation des bitumes durs en Europe

La norme prEN 13924 prescrit un cadre pour les spécifications des bitumes durs utilisés pour la fabrication des enrobés à haut module. Cette norme a été bâtie conformément aux règles du CEN permettant d'aboutir rapidement au marquage "CE". Pour cela, les trois critères fondamentaux sont :

- consistance aux températures intermédiaires de service ;
- consistance aux températures élevées de service ;
- durabilité des propriétés ci-dessus.

Des compléments techniques permettent de sélectionner les spécifications les plus appropriées compte tenu des conditions locales de climat et d'utilisation.

4. Normalisation des bitumes industriels et normes de spécifications en Europe.

Deux normes de spécifications (EN 13304 et 13305) dédiées aux bitumes industriels ont été publiées en avril 2003.

• Norme EN 13304 concernant les bitumes oxydés

Cette norme prescrit un cadre pour les spécifications des bitumes oxydés utilisés principalement pour les toitures, les complexes d'étanchéité et des adhésifs.

Plusieurs types de bitumes oxydés sont utilisés en Europe et en fonction des conditions climatiques, du type de construction et des pratiques traditionnelles, des qualités différentes peuvent être utilisées pour des applications similaires.
Les bitumes oxydés sont désignés et classés selon une combinaison de leurs valeurs moyennes de TBA et de pénétration. Les intervalles de spécifications sont définis par la valeur moyenne de la caractéristique minorée et majorée de 5 unités. Par exemple, un bitume oxydé 100/40 présentera une TBA comprise entre 95 et 105 °C et une pénétrabilité comprise entre 35 et 45 x 0,1 mm.

• Norme EN 13305 concernant les bitumes industriels durs

Cette norme prescrit un cadre pour les spécifications des bitumes industriels durs utilisés principalement dans les revêtements de sols, les vernis, les caoutchoucs, les toitures et les mastics.
Plusieurs types de bitumes industriels durs sont utilisés en Europe et, en fonction des conditions climatiques, du type de construction et des pratiques traditionnelles, des qualités différentes peuvent être utilisées pour des applications similaires. Les bitumes industriels durs sont classés selon les limites de TBA, largeur de l'intervalle 10 °C, et sont désignés par la lettre H placée avant ces valeurs, par exemple : H 80/90 ou H 120/130. ■

Bitumes oxydés
Norme européenne EN 13304

Caractéristique	Unité	Intervalle	Méthode
TBA (a)	°C	±5 °C	EN 1427
Pénétrabilité à 25 °C	0,1 mm	±5 x 0,1 mm	EN 1426
Solubilité dans le xylène (b), mini	%	99	EN 12592
Perte au chauffage, max.	%	0,5 %	EN 13303
Point d'éclair, min.	°C	250 °C	EN ISO 2592
Point de fragilité Fraas	°C	(c)	EN 12593
Propriétés d'exsudation		(c)	EN 13301
Masse volumique	%	(c)	prEN 15326
Viscosité dynamique (d)		(c)	EN 13302

(a) L'essai de détermination du point de ramollissement Bille et Anneau pour les bitumes oxydés est réalisé dans le glycérol.
(b) Si d'autres solvants sont utilisés, ce doit être indiqué dans le rapport d'essai.
(c) Les valeurs peuvent être convenues entre le client et le fournisseur.
(d) Il est recommandé que le fournisseur et le client soient d'accord sur le type d'instrument utilisé pour déterminer la viscosité.

Bitumes industriels durs
Norme européenne EN 13305

Caractéristique	Unité	Intervalle	Méthode
TBA	°C	±5 °C	EN 1427
Pénétrabilité à 25 °C (a)	0,1 mm	±5 x 0,1 mm	EN 1426
Solubilité dans le xylène (b), mini	%	99	EN 12592
Perte au chauffage , max.	%	(c)	EN 13303
Point d'éclair, min.	°C	250 °C	EN ISO 2592
Masse volumique	%	(c)	prEN 15326

(a) En tenant compte de la précision de la méthode d'essai et des limites des spécifications, il peut être nécessaire de réaliser l'essai à 40 °C.
(b) Si d'autres solvants sont utilisés, ce doit être indiqué dans le rapport d'essai.
(c) Les valeurs peuvent être convenues entre le client et le fournisseur.

Sécurité, santé et environnement

Le bitume n'est pas classé parmi les substances dangereuses. Son utilisation à chaud impose cependant des précautions particulières lors de sa fabrication, de son transport et de sa mise en œuvre. Par ailleurs, son impact sur l'environnement fait l'objet d'approches nouvelles, dans un souci de développement durable.

La stricte observation des règles de sécurité constitue une garantie contre les risques liés au bitume.

Risques sécurité

A température ambiante, le bitume est quasi-solide et inerte. Il est cependant habituellement fabriqué, stocké, transporté et manipulé à chaud, à l'état fondu, en circuit fermé.

Risques de brûlure lors de la manipulation de bitume chaud

Le danger majeur est représenté par le potentiel du bitume chaud de provoquer des brûlures résultant d'un contact avec la peau. Les risques les plus importants sont rencontrés au moment du transfert d'une cargaison de bitume du camion de transport à la cuve de réception, lors des livraisons ("dépotage") dans les usines de liant ou dans les centrales d'enrobage, fixes ou mobiles.

Les précautions pour éviter les risques de brûlure consistent essentiellement à :

- respecter strictement les procédures de livraison sur le site (suivi du protocole de sécurité, présence d'un responsable site, etc.) ;
- porter les équipements de protection individuels (combinaison de coton fermée, pantalon par-dessus les chaussures, manches descendant au-dessus des gants, gants résistant à la chaleur, chaussures hautes, casque avec visière rabattue devant le visage) ;
- transférer le bitume au moyen de la pompe du réceptionnaire et non pas en le refoulant à l'aide de la pompe du camion ;
- éviter les débordements par un marquage visible des cuves ;
- utiliser des flexibles et des raccordements en bon état ;
- effectuer les prélèvements d'échantillons sur le véhicule de livraison ou sur la tuyauterie rigide de l'installation, jamais sur les flexibles ;
- ne pas vidanger les lignes de bitume à la vapeur mais à l'air sec.

Un moment délicat : le déchargement au point de livraison.

Risques d'inflammation et d'explosion

Les bitumes présentent un risque d'inflammation et d'explosion au-dessus d'une certaine température. On peut estimer ce risque par :

- la valeur du point éclair en "vase ouvert" (COC, Cleveland Open Cup), qui représente la température d'inflammation en présence d'un point d'ignition (entre 230 °C et 250 °C, suivant la classe du bitume) ;
- la température d'inflammation spontanée, qui pour la majorité des bitumes est supérieure à 350 °C.

Pour éviter le risque d'inflammation, il est impératif de ne jamais chauffer le bitume au-dessus de son point d'éclair et d'éviter le contact possible entre des vapeurs de bitume et une flamme nue ou un point d'ignition. Le bitume doit donc demeurer strictement confiné dans des bacs ou des cuves présentant toutes les conditions de sécurité requises.

Raffineries et usines de liant

Dans les raffineries et les usines de liants, la maîtrise des risques d'inflammation et d'explosion repose sur l'observation de règles de sécurité contraignantes auxquelles sont soumises ces installations industrielles classées, pour prévenir les risques d'accident dont pourraient être victimes aussi bien les personnes qui travaillent que celles qui vivent à proximité. Des audits hygiène, sécurité et environnement sont régulièrement effectués dans les entreprises classées pour s'assurer de la mise en œuvre des actions de prévention sécurité, avec des objectifs d'amélioration continue. Leur défaut d'observance, en cas d'incident grave ou d'accident, implique la responsabilité pénale du directeur de l'établissement.

Transport

Le transport représente un maillon sensible de la chaîne d'approvisionnement en bitume. Pour cette raison, les transporteurs sont sélectionnés avec une grande rigueur et font l'objet d'une homologation spéciale pour le transport de bitume, accordée par les entreprises productrices de bitume pour une période déterminée (généralement trois ans). Le renouvellement de l'homologation n'est accordé que si l'exploitation a prouvé la capacité du transporteur à maîtriser efficacement les risques. Les pétroliers producteurs de bitume attachent une importance particulière à la sécurité pendant le transport. En effet, si la loi dit que le produit transporté est sous la responsabilité du transporteur au moment où il circule sur l'espace public, le producteur en demeure le propriétaire jusqu'à la livraison chez le client (exactement jusqu'au moment où il franchit la bride de raccordement du flexible du camion de livraison à la cuve de réception).

Chantiers

Dans certains équipements, notamment les postes d'enrobage mobiles installés sur les chantiers, les risques peuvent être plus difficiles à maîtriser. Les producteurs de bitume sont conscients de cette situation et s'emploient activement à faire en sorte que la maîtrise des risques liés à l'utilisation du bitume continue à s'améliorer sur tous les sites d'utilisation. Le GPB a ainsi pris l'initiative de plusieurs enquêtes liées à des campagnes de sensibilisation visant à renforcer la sécurité lors des livraisons de bitume. Ces enquêtes portent sur les points les plus sensibles : présence d'une pompe aspirante fixe, accès bien balisé et sans danger au point de livraison, périmètre de sécurité bien délimité, facilité d'évacuation en cas d'accident, extincteur disposé à proximité et en évidence, douche de secours clairement indiquée, capacité du bac bien visible et alarme de niveau haut, respect des procédures, port des équipements de protection individuels (EPI)…

En savoir plus…

Les campagnes sécurité du GPB

Depuis 2000, la commission sécurité du GPB a mené deux enquêtes sur les conditions dans lesquelles sont opérées les livraisons de liants dans quelque 500 postes et centrales d'enrobage et 140 usines d'émulsion. Un premier état des lieux, en 2000, avait permis d'identifier certaines améliorations indispensables, en particulier la généralisation des pompes aspirantes et la systématisation du port des équipements de protection individuels. L'enquête de 2003 a montré que d'importants progrès ont été réalisés dans ces domaines (94 % des installations réceptrices sont équipées de pompes aspirantes). Observant encore des insuffisances dans le port des EPI, le GPB poursuit son action auprès des acteurs du bitume à travers une action de sensibilisation aux questions de sécurité.

La température de mise en œuvre, un point clé à surveiller pour éviter les émissions de fumée.

Risques santé

Le bitume pur

Le bitume, quasi solide et inerte à température ambiante, n'est pas classé parmi les substances dangereuses. Cependant, certaines molécules à l'état de traces dans les produits bitumineux peuvent faire l'objet d'un classement. Il est donc indispensable de connaître le classement qui s'applique à ces molécules. Par ailleurs, s'ils sont manipulés à des températures trop élevées, les bitumes peuvent dégager des vapeurs et des fumées qu'il faut éviter d'inhaler.

Chaque classe de bitume requiert une température optimale d'utilisation. Cette température dépend de la viscosité du bitume considéré. Cette caractéristique est donnée par la mesure du point de ramollissement. On admet couramment et empiriquement comme limite la température de ramollissement augmentée de 100 °C.

Autres liants bitumineux

Si l'on considère les préparations bitumineuses, mélanges de bitume avec d'autres matériaux non bitumineux, tels que les additifs pour améliorer la performance, les solvants pour le ramollir, etc., il faut prendre en compte la toxicité éventuelle de chaque produit ajouté ainsi que sa concentration. Il en existe trois familles :

- **bitumes fluidifiés** (cut-backs) obtenus par mélange de bitume et de kérosène ou d'autres fractions pétrolières volatiles. La fiche de sécurité mentionne les risques d'inflammabilité, d'irritation de la peau et des voies respiratoires et la biodisponibilité des quelques HAP présents dans la solution ;
- **bitumes fluxés** obtenus par mélange de bitume et d'une huile de fluxage, fraction pétrolière peu volatile du type gazole lourd ou fraction carbochimique dont l'utilisation diminue mais n'a pas encore totalement disparu. La fiche de sécurité mentionne les risques d'inflammabilité, d'irritation de la peau et des voies respiratoires et de biodisponibilité des quelques HAP présents dans le produit et éventuellement dans le fluxant, sans oublier d'autres molécules spécifiques à ce dernier ;
- **bitumes modifiés** par des polymères obtenus par le mélange de bitume et de polymères (élastomères et/ou plastomères). Le classement peut dépendre de la nature des polymères. Il n'y a en général aucun effet de toxicité.

Influence de la température

Dans la plupart des cas, la température normale d'utilisation du bitume se situe dans la gamme des 120 °C à 200 °C. Certains produits, comme l'asphalte coulé, doivent être mis en œuvre à 230 °C, mais jamais à des températures supérieures. La température maximale d'utilisation dépend de la viscosité du bitume retenu et doit impérativement demeurer inférieure à son point d'éclair. Dans les conditions de manipulation et de mise en œuvre autorisées, à une température qui ne dépasse pas de 100 °C le point de ramollissement, aucune émission de fumée significative ne se produit.

On observe cependant parfois des émissions de fumées lors de la mise en œuvre des enrobés bitumineux. Normalement, ceux-ci sont fabriqués en mélangeant du bitume, chauffé entre 130 °C et 160 °C, et des granulats, eux-mêmes chauffés entre 150 °C et 170 °C afin de les sécher. Sous l'effet du malaxage, le bitume se dépose en couche très mince autour des granulats très chauds. De petites quantités visibles de fumées commencent à se dégager au-dessus de 160 °C. Au-delà de cette température, une phase gazeuse et une phase aérosol sont présentes au-dessus du matériau. La phase gazeuse est aussi appelée semi-volatile et la phase aérosol, fumées de bitume. En cas de mise en œuvre à des températures anormalement élevées, ce qui doit impérativement être évité (cf. tableau des températures p. 33), ces fumées prennent une couleur bleue.

Dans certains cas, à cause de la forte microporosité des granulats, ceux-ci finissent par perdre leur eau alors qu'ils sont déjà enrobés. La vapeur d'eau traverse alors le film de bitume et peut entraîner dans l'atmosphère des fractions d'hydrocarbures.

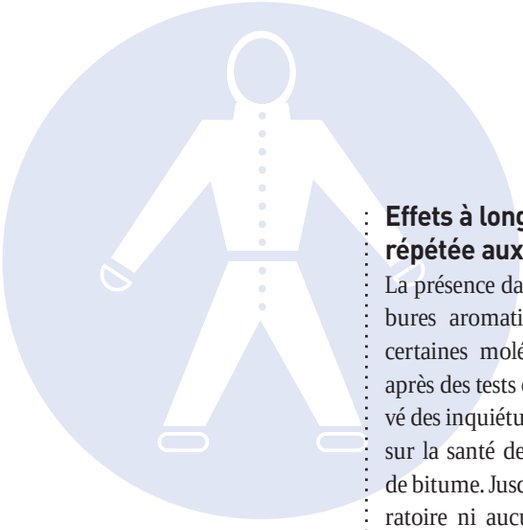
Les fumées se composent de produits hydrocarbonés à bas point d'ébullition, mais des fractions semi-volatiles et des aérosols se dégagent au fur et à mesure que la température augmente. Leur composition varie avec la source et le mode de traitement du bitume. Des composés aromatiques polycycliques, en très faible concentration, sont parfois décelables dans les fumées de bitume. La quantité de fumées dégagées double chaque fois que la température augmente de 10 °C à 15 °C.

Effets aigus de l'exposition répétée aux vapeurs et fumées de bitume

Le premier risque aigu d'inhalation présenté par les bitumes découle de la présence possible d'hydrogène sulfuré résiduel dans les vapeurs. Ce risque est évité en ne laissant personne pénétrer sans protection respiratoire dans une zone à forte concentration de vapeurs (espace libre dans une cuve, volumes mal ventilés).

L'exposition à des fumées de bitume, résultant d'une mise en œuvre à trop haute température, est exceptionnelle. Si elle se produit, elle peut entraîner des irritations oculaires et respiratoires et des maux de tête, voire des étourdissements ou des nausées. Ces symptômes disparaissent dès que l'exposition a cessé. La mesure de prévention réside donc dans le contrôle rigoureux de la température d'enrobage, qui suffit à éviter toute formation de fumées bleues traduisant une surchauffe, par ailleurs nuisible à la qualité de l'enrobé.

> **« La température de mise en œuvre ne doit pas dépasser le point de ramollissement augmenté de 100 °C. »**



Effets à long terme de l'exposition répétée aux fumées de bitume

La présence dans le bitume de traces d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dont certaines molécules sont classées cancérogènes après des tests conduits sur des animaux, a soulevé des inquiétudes concernant les effets potentiels sur la santé des personnes exposées aux fumées de bitume. Jusqu'à présent, aucune étude de laboratoire ni aucune enquête épidémiologique n'a établi positivement de lien entre l'exposition au bitume et l'apparition de cancers.

L'Agence internationale de recherche sur le cancer (IARC), rattachée à l'Organisation mondiale de la santé des Nations Unies (OMS), a déclaré en 1989 qu'il n'existait pas "d'éléments suffisamment probants d'un potentiel cancérogène des bitumes non dilués chez les humains". L'IARC a confirmé sa position en 1993 dans une publication analysant toutes les études épidémiologiques.

Des inquiétudes subsistent cependant. Aussi l'industrie, représentée par l'intermédiaire du CONCAWE, d'Eurobitume et de l'European Asphalt Paving Association, soucieuse de la santé des professionnels exposés, et l'IARC financent-elles aujourd'hui conjointement une étude épidémiologique internationale afin de déterminer s'il existe un risque de cancer chez les travailleurs mettant en œuvre des matériaux bitumineux.

En attendant les résultats de cette enquête, prévus pour 2008, il est recommandé de minimiser l'exposition aux fumées de bitume en veillant strictement au respect des températures de mise en œuvre.

> **"Face aux inquiétudes soulevées par la présence de traces d'HAP, l'industrie et l'IARC ont lancé une étude épidémiologique internationale."**

Effets du contact prolongé avec la peau

Dans la plus grande partie des applications routières, les contacts avec la peau des bitumes purs sont inexistants, du fait de leur température élevée de mise en œuvre dans le cas des enrobés chauds. Dans le cas de l'utilisation de bitumes dans des enrobés à froid (ECF) ou des émulsions, les contacts sont possibles, puisque ces produits bitumineux sont mis en œuvre à température ambiante. Lorsque les bitumes sont fluidifiés ou fluxés ou additionnés d'émulsifiants, ils peuvent présenter une toxicité liée à ces additifs.

Il convient donc, dans tous les cas, d'éviter toute exposition cutanée prolongée à ces substances, notamment par le port de combinaisons couvrantes et de gants. Une bonne hygiène personnelle et vestimentaire est en outre fortement recommandée : utilisation de crèmes protectrices pour le visage et les mains, lavage soigneux des mains après exposition avant d'aller aux toilettes, de manger ou de boire (en évitant la pratique naguère courante dans les chantiers de se laver les mains avec du kérosène, du gazole ou du white spirit…), lavage et changement fréquents (au moins bihebdomadaires) des tenues de travail et des sous-vêtements.

Evaluation du risque cancérogène

Type de bitume	Evidence pour l'homme	Evidence pour l'animal	Evaluation
Direct ou pur (non dilué)	non pertinente	limitée	non classifiable = 3
Résidu de visco-réduction (non dilué)	non pertinente	limitée	non classifiable = 3
Bitume soufflé (non dilué)	non pertinente	limitée	non classifiable = 3
Solutions	non pertinente	suffisante*	à tester au cas par cas

** Evidence obtenue avec certains solvants. Non représentatif des formulations utilisées en pratique. Les solutions sont des préparations et doivent être classées et étiquetées comme telles.*

Sources : CONCAWE (The Oil Companies European Organisation for Environment and Health Protection) et IARC (International Agency for Resarch on Cancer).

A noter :
Par abus de langage, on parle encore du "goudronnage" des routes, alors que le goudron a disparu des travaux routiers. Il est important de ne pas confondre bitume et goudron, notamment en ce qui concerne leurs impacts respectifs. Le goudron, issu de la distillation de la houille, est fortement cancérogène, à cause notamment de la présence de benzo(a)pyrene en quantité importante (8 400 mg/kg à 12 500 mg/kg). Dans le bitume, le benzo(a)pyrene n'est présent qu'au taux extrêmement réduit de 0,1 mg/kg à 2 mg/kg. (1 mg/kg = 1ppm)

Préservation de l'environnement

Le bitume entre dans la composition de matériaux routiers et d'étanchéité largement présents dans notre environnement. Comme les autres produits industriels bien connus et reconnus depuis fort longtemps, il n'échappe pas aux nouvelles évaluations en termes de consommation de ressources non renouvelables, de rejets dans le milieu naturel et d'impact sur l'environnement alors qu'il est en place dans l'ouvrage. Dans une perspective de développement durable, cette deuxième préoccupation correspond bien aux exigences qui figurent dans la dernière version du Mandat M124 appliqué aux matériaux de construction, qui recommande de vérifier qu'un produit en place dans l'ouvrage n'émet aucune substance dangereuse. Parmi les matériaux utilisés pour la construction d'infrastructures, le bitume se place au premier rang pour diminuer l'impact sur l'environnement.

Un matériau sans impact sur l'environnement

A température ambiante, le bitume, on l'a vu, est quasi solide et inerte. Il est insoluble dans l'eau, non biodégradable et ne réagit pas à la plupart des produits chimiques courants. Trois études récentes[1] ont démontré que du bitume pur, mis en contact prolongé avec de l'eau, ne laisse échapper ni hydrocarbures, ni métaux, ni métalloïdes et que ses constituants ne peuvent donc pas migrer vers les cours d'eau et les nappes phréatiques, même dans les environnements les plus humides. C'est pourquoi il est utilisé aussi bien pour la fabrication des routes que pour l'étanchéité des bassins de recueil des eaux de ruissellement ou de captage d'eau brute.

Un matériau 100 % recyclable

La production de bitume représente environ 3 % en masse de la production de pétrole brut. C'est encore, eu égard à l'existence de gisements de bruts très lourds et de bitume natif, une matière première relativement abondante, dont les réserves peuvent être évaluées à plus d'un siècle de consommation. Cette disponibilité n'empêche pas les professionnels du bitume de chercher des moyens d'économiser cette ressource.

Les progrès dans la connaissance et la maîtrise du matériau ont permis de diminuer significativement la quantité d'enrobés, donc de bitume, nécessaire pour la réalisation des chaussées. En une vingtaine d'années, les épaisseurs des diverses couches d'enrobés bitumineux ont été considérablement réduites pour les chaussées neuves, grâce à l'emploi de plus en plus systématique de bétons bitumineux minces (BBM) et de bétons bitumineux très minces (BBTM).

Grâce au recyclage, il est possible de prolonger la durée de vie du bitume aussi longtemps qu'on le souhaite. Le bitume ne perd en effet rien de ses propriétés physico-chimiques après un recyclage bien réalisé. En centrale, dans l'état actuel des techniques, les matériaux bitumineux sont recyclables jusqu'à 60 %. In situ, ils peuvent être recyclés à 100 %.

Un matériau économe en énergie

L'analyse du cycle de vie (ACL) de la production d'un bitume routier a été réalisée par la profession routière sous l'égide d'Eurobitume (Report 99/007 – mai 1999). Cet écobilan permet aujourd'hui de disposer des éléments de base nécessaires à l'analyse des performances environnementales des chaînes de production de bitume.

Une étude conduite en association avec l'USIRF (Union des syndicats de l'Industrie Routière de France) a montré que les consommations d'énergie et les nuisances (émissions) liées à la fabrication des matériaux bitumineux et à la construction d'une chaussée sont extrêmement faibles par rapport à celles occasionnées par le trafic automobile et l'éclairage.

Effet de différents facteurs sur l'environnement

	Energie (GJ/km)	CO_2 (t/km)
Trafic	1 500 000	100 000
Eclairage	14 000	400
Enrobé	3 200	190
Bitume	1 100	60

Période : 50 ans
Trafic : 20 000 véhicules/jour

Le développement des techniques à froid (ECF, émulsions, enrobés tièdes…) permet de réduire encore la consommation d'énergie en évitant le chauffage des granulats. Associant toutes ces techniques, le recyclage à froid sur place apporte le triple avantage d'économiser le bitume, de diminuer les besoins en énergie (et les émissions de gaz à effet de serre qui lui sont liées) en supprimant le chauffage du granulat et du bitume, et de réduire le transport des matériaux dont les impacts environnementaux sont de moins en moins bien acceptés.

Réduction des nuisances sonores

Que cela soit par leurs qualités propres ou par celles des matériaux qu'ils permettent de fabriquer, les bitumes participent à la réduction du bruit et à l'amélioration du confort environnemental.

Sur les routes, le niveau de bruit de passage d'un véhicule est principalement dû à l'écrasement dynamique puis à la détente de l'air emprisonné entre les pneumatiques et la chaussée. Les enrobés bitumineux, plus particulièrement les enrobés drainants et acoustiques, contribuent fortement à la réduction des nuisances sonores.

La tenue au feu des enrobés

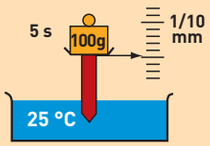
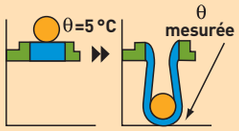
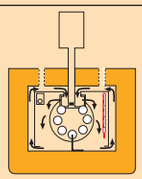
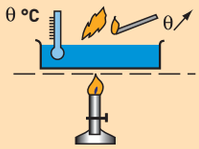
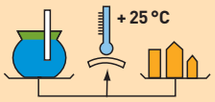
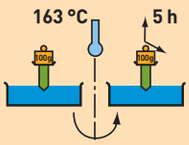
La survenue d'accidents de la circulation ayant entraîné des incendies à l'intérieur de tunnels routiers a pu soulever la question de la tenue au feu des enrobés, à cause de la présence dans ce matériau de 5 % environ de bitume, lui-même combustible. Dans les différents cas observés, il s'agissait d'incendies majeurs, dégageant d'énormes quantités d'énergie et portant les matériaux à des températures très élevées, de l'ordre de 1 000 °C en quelques minutes. Dans ces cas, aucun matériau ne résiste, les métaux sont fondus, le béton est réduit en poudre et tout est dévasté. La combustion partielle des enrobés, qui n'intervient qu'à la fin de l'incendie, ne contribue pas significativement à l'ampleur du sinistre. Les experts le savent bien et dans les recommandations pour l'amélioration de la sécurité émanant des diverses autorités concernées, il n'est jamais fait la moindre allusion aux enrobés bitumineux. ■

1 - Il s'agit des études conduites par le Centre d'Application de Levallois en 2000, WRc-NSF au Royaume-Uni en 2005 et Alcontrol Specials aux Pays-Bas en 2005.

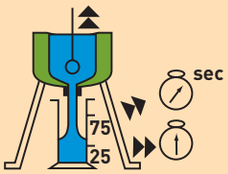
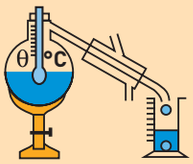
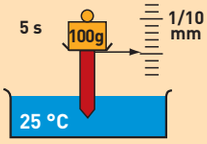
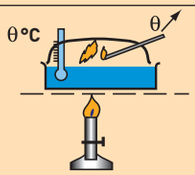
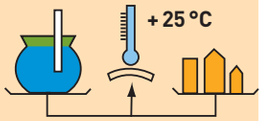
Quelques données pratiques

Le lecteur trouvera ci-après un certain nombre de définitions, d'informations, de références normatives et de schémas de principe liés aux méthodes d'essai appliquées aux bitumes et liants bitumineux.

Les bitumes routiers

Caractéristique	Unité	Méthode normalisée de référence	Schéma de principe
Pénétrabilité 25 °C / 100 g / 5 s	0,1mm	EN 1426	
Point de ramolissement	°C	EN 1427	
RTFOT Rolling Thin Film Oven Test 163 ° C pendant 75 min		EN 12607-1	
Point d'éclair (vase ouvert)	°C	EN 22592	
Densité relative à 25 °C (au pycnomètre)		prEN 15326	
Perte de masse au chauffage 163 °C pendant 5 h Pourcentage de pénétrabilité restante après perte de masse au chauffage par rapport à la pénétrabilité initiale	%	EN 12607-2	

Les bitumes fluidifiés ou fluxés

Caractéristique	Unité	Méthode normalisée de référence	Schéma de principe
Pseudo-viscosité mesurée au viscosimètre • d'orifice 4 mm, à 25 °C • d'orifice 10 mm, à 25 °C • d'orifice 10 mm, à 40 °C	 s s s	EN 13357	
Distillation fractionnée (résultats exprimés en % du volume initial) fraction distillant au-dessous de : • 190 °C • 225 °C • 315 °C • 360 °C	%	EN 13358	
Pénétrabilité à 25 °C / 100 g / 5 s du résidu à 360 °C de la distillation	0,1 mm	EN 1426	
Point d'éclair (vase clos)	° C	EN ISO 2719	
Densité réalisée à 25 °C (au pycnomètre)		prEN 15326	

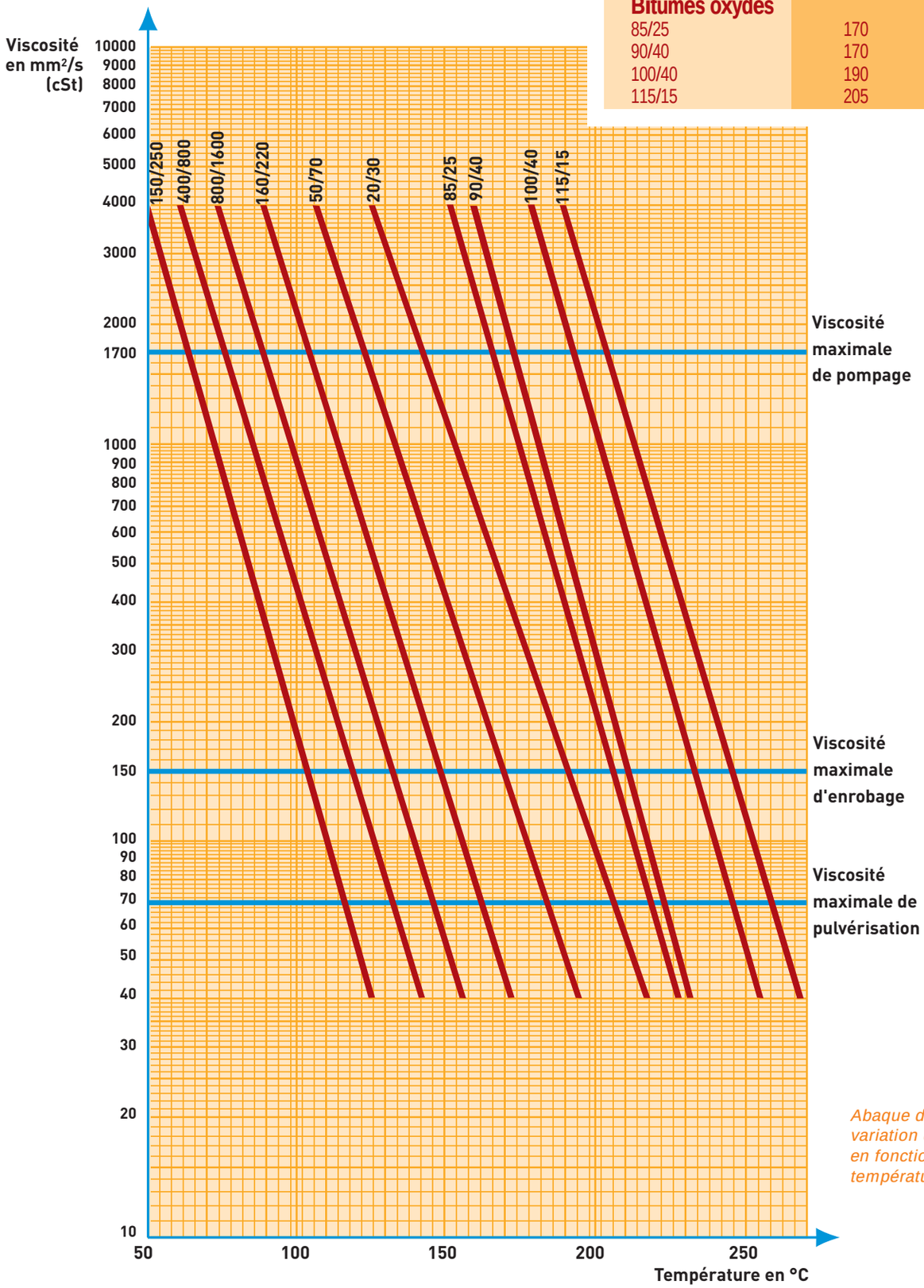
Viscosité - Température

Les températures figurant dans les tableaux ci-contre et ci-dessous sont données à titre indicatif, pour des produits standard. Dans tous les autres cas, il est recommandé de s'informer auprès du fournisseur.

Températures d'utilisation conseillées (°C)

Classe	Température minimale de pompage*	Température moyenne de stockage	Température maximale de mise en œuvre
Bitumes routiers			
160/220	110	130-150	190
70/100	120	110-160	190
50/70	125	145-165	200
35/50	130	155-175	200
20/30	140	160-185	200
15/25	145	175-195	200
10/20	150	175-190	200
Bitumes oxydés			
85/25	170	200-220	230
90/40	170	200-220	230
100/40	190	210-230	230
115/15	205	210-230	230

** Dans le cas d'une livraison par aspiration, il faut majorer cette valeur de 5 à 10 °C*



Abaque donnant la variation de la viscosité en fonction de la température

Quelques données physiques utiles

Propriétés		Définition	Valeurs moyennes pour le bitume
Thermiques			
• Chaleur spécifique (ou capacité thermique massique)	C	Energie calorifique qu'il faut fournir à l'unité de masse pour élever sa température de 1 °C (ou quotient de la capacité thermique par la masse)	2 090 J/kg.°C (a) (croît faiblement quand θ °C augmente : 1 700 à 0 °C, 2150 à 200 °C)
• Coefficient de dilatation cubique	α_v	$\alpha_v = \frac{1}{V_0} \times \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$	0,000 66/°C
• Conductibilité thermique	λ	Quotient de la densité de flux thermique par le gradient de température	0,163 W/m.°C à 20 °C (décroît très légèrement quand θ °C augmente de 0 °C à 70 °C)
• Coefficient de transmission thermique (b)	h	$h = \frac{\lambda}{l}$	
Electriques			
• Constante diélectrique	ε_o	Caractérise l'isolant par rapport au vide au point de vue diélectrique	2,7 ℑ/m à l'ambiante (passe de 2,6 à 3 entre 0 °C et 100 °C)
• Résistivité	ρ	Dépend de la nature du conducteur et sert à calculer la résistance en fonction des dimensions	10^{14} ohm.cm à 30 °C 10^{13} ohm.cm à 50 °C (décroît quand la température augmente)
• Rigidité diélectrique		Propriété d'un isolant à s'opposer au passage d'une étincelle (= tension de rupture/épaisseur)	10 kV_{eff}/mm à 20 °C pour un 160/220 30 kV_{eff}/mm à 20 °C pour un 20/30 ou 35/50 5 kV_{eff}/mm à 50 °C pour un 160/220 15 kV_{eff}/mm à 50 °C pour un 20/30 ou 35/50
• Angle de perte diélectrique		Correspond au complément à 90° de l'angle de phase entre intensité et voltage dans un condensateur idéal (exprimé en tangente de cet angle)	De 0 à 0,003 suivant fréquence et température
Tension superficielle	γ	Tension d'une membrane élastique fictive à laquelle est assimilable la couche superficielle d'un liquide	26.10^{-3} N/m (c) à 150 °C 29.10^{-3} N/m (c) à 100 °C 33.10^{-3} N/m (c) à 25 °C (valeur extrapolée)

(a) 0,5 cal/g.°C
(b) Le coefficient de transmission thermique s'utilise quand le bitume transmet sa chaleur au travers d'une paroi. Dans ce cas :
$\varphi = h(T_S - T_r)$ avec
φ = densité de flux thermique
T_S = température de surface
T_r = température de référence du milieu extérieur
Pour le bitume, $h = \frac{\lambda}{l}$
Pour la paroi, on note : $K = \frac{\lambda \text{ (isolant)}}{e \text{ (épaisseur)}}$
(c) 26.10^{-3} N/m = 26 dynes/cm

.INDEX

API ....p. 5, 6
Applications industrielles ....p. 18,19
Asphalte ....p. 4
Asphalte coulé ....p. 17, 18, 29
Asphaltènes ....p. 7
Bitume anti-K ....p. 14
Bitume fluidifié, ...p. 14, 29
Bitume fluxé, ...p. 14, 29
Bitume modifié par des polymères ....p. 8, 11, 13
Bitume oxydé ....p. 7, 8, 25, 26
Bitume pur ....p. 13, 29
Bitume industriel ....p. 14, 25, 26
Bitume multigrade ....p. 14
Bitume soufflé ....p. 7
Bitumes spéciaux ....p. 8
Brut à bitume ....p. 4
Classe (de bitume) ....p. 22
Cohésivité ....p. 6, 16
Composés aromatiques polycycliques (CAP) ....p. 29
Densité ....p. 23
Distillation ....p. 5, 6
Elasticité ....p. 6
Emulsion de bitume ....p. 11, 14
Enduit superficiel ....p. 16
Enrobés aux liants modifiés et/ou spéciaux ....p. 31
Enrobés à chaud ....p. 11
Enrobés coulés à froid (ECF) ....p. 11, 30, 31
Enrobés tièdes ....p. 31
Etanchéité ....p. 16, 17, 18
Fabrication des bitumes (schéma de principe) ....p. 5
Fraass (Point de fragilité) ....p. 23
Fumées de bitume ....p. 29
Huiles ....p. 7
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ....p. 30
Hydrogène sulfuré ....p. 30
Inflammation ....p. 28
Liant ....p. 14, 15, 20, 23
Maltènes ....p. 7
Marquage CE ....p. 26
Module ....p. 15
Normes ....p. 20, 25
Normes “performantielles” ....p. 26
Pénétrabilité ....p. 6, 9, 21
Point d’éclair ....p. 23, 28
Point de feu ....p. 23
Point de ramollissement Bille et Anneau ....p. 6, 9, 21, 22
Résines ....p. 7
Résistance au vieillissement ....p. 20
Rigidité ....p. 15
RTFOT ....p. 23, 25
Sécurité ....p. 27
Solubilité ....p. 20, 23
Spécification ....p. 20, 21, 25
Transport ....p. 28
Vieillissement ....p. 25
Viscosité ....p. 20, 24

Imaginez
un
monde
sans nous !
GPB
Groupement
Professionnel
des Bitumes