

QUALITE DES BETONS ROUTIERS

IR. CLAUDE PLOYAERT

Febelcem

Résumé

La mise en œuvre des bétons routiers est très particulière : les moyens de serrage sont puissants et les rendements de pose doivent être élevés compte tenu des quantités importantes à réaliser. Les machines à coffrages glissants, équipées de nombreuses aiguilles vibrantes, nécessitent un béton homogène et d'ouvrabilité constante, le décoffrage suivant immédiatement le serrage.

A cause de leur grande surface exposée, les routes sont particulièrement soumises aux sollicitations des agents atmosphériques. Pour toutes les applications routières, la protection du béton frais contre l'évaporation de l'eau et la résistance du béton durci au gel et aux sels de déverglaçage est cruciale.

Le béton doit être composé de manière à obtenir un mélange compact présentant un minimum de vide. La teneur en sable sera donc faible et la teneur en eau limitée au strict minimum nécessaire à l'humidification du mélange.

L'objet du présent article est de rappeler les règles qui gouvernent la composition des bétons routiers. Le respect de ces règles de bonne pratique permettra aux bétons de revêtements de chaussée de garder leurs caractéristiques naturelles de durabilité.

Samenvatting

Wegenbeton wordt op een bijzondere manier verwerkt : de verdichting gebeurt op een krachtige wijze en de aanlegrendementen moeten hoog zijn omwille van de grote te realiseren hoeveelheden. Omdat bij glijbekistingmachines, die voorzien zijn van talrijke trilnaalden, de ontlasting onmiddellijk volgt op de verdichting, is een homogeen beton met een constante verwerkbaarheid noodzakelijk.

Omwille van hun groot blootgestelde oppervlak zijn wegen bijzonder onderhevig aan de belastingen ten gevolge van de weersomstandigheden. Voor alle wegtoepassingen zijn de bescherming van het verse beton tegen uitdroging en de weerstand van het verharde beton tegen vorst en dooizouten van cruciaal belang.

Het beton moet dusdanig samengesteld worden dat een compact mengsel wordt bekomen met een minimum aan holle ruimten. Het zandgehalte wordt daarom laag gehouden en het watergehalte wordt beperkt tot het strikte minimum dat nodig is om het mengsel te bevochtigen.

Dit artikel wil de regels herhalen voor de samenstelling van wegenbeton. Door deze regels te respecteren zal het beton van wegverhardingen zijn natuurlijke eigenschap van duurzaamheid behouden.

1. Introduction

Les bétons destinés aux applications routières se distinguent des bétons de structure par leur mode de mise en œuvre et par les sollicitations auxquelles ils sont soumis. Les impositions et les principes qui régissent leur composition sont donc différents.

La mise en œuvre des bétons routiers est très particulière : les moyens de serrage sont particulièrement puissants et les rendements de pose doivent être élevés. Les machines à coffrages glissants, équipées de nombreuses aiguilles vibrantes, nécessitent un béton d'ouvrabilité constante, le décoffrage suivant immédiatement le serrage.

A cause de leur grande surface exposée, les routes sont particulièrement soumises aux sollicitations des agents atmosphériques. Pour toutes les applications routières, la protection du béton frais contre l'évaporation et le gel est cruciale. La résistance du béton durci au gel et aux sels de déverglaçage est également primordiale.

2. Les caractéristiques des bétons pour revêtements de chaussées

2.1. Les impositions des cahiers des charges en matière de composition et de résistance à la compression

Le tableau 1 résume les impositions des cahiers des charges-types pour revêtements routiers en béton en matière de composition tandis que le tableau 2 donne les exigences en matière de résistance mécanique. Ces prescriptions dépendent du type de chaussée. Des exigences sont imposées concernant la teneur minimale en ciment, le rapport eau-ciment maximal et la teneur en air du béton. La composition proprement dite – choix des matériaux et proportions – est donc laissée à l'appréciation de l'entrepreneur, qui doit présenter à cet effet une note justificative au maître de l'ouvrage.

Une remarque s'impose dès l'abord : dans la majorité des cas, la teneur en ciment minimale requise par les cahiers de charges est supérieure à celle qui est strictement nécessaire pour obtenir les résistances à la compression imposées. Cette teneur minimale en ciment n'est donc pas seulement destinée à obtenir une certaine résistance mécanique, mais aussi à garantir la durabilité des revêtements sous l'action des agents atmosphériques et des sels de déverglaçage ainsi qu'une très bonne résistance à l'usure et au maintien de celle-ci sous l'influence du trafic.

Type de revêtement et mise en oeuvre	Dimension du plus gros granulats (mm)	Teneur minimale en ciment (kg/m ³)	Facteur E/C maximum	Teneur en air (%-v)	Absorption d'eau (%-m)	Gel-dégel selon ISO-DIS 4846-2 (g/dm ²)
Autoroutes et routes où le trafic lourd est important						
Couche supérieure (mise en œuvre en monocouche ou en bicouche)	> 20	400	0,45	-	$W_i \leq 6,5$ $W_m \leq 6,0$	≤ 5
	$6 < D_{max} \leq 20$	400	0,45	$3 \leq v \leq 6$	$W_i \leq 6,8$ $W_m \leq 6,3$	≤ 5
	≤ 6	425	0,45	$5 \leq v \leq 8$	$W_i \leq 6,8$ $W_m \leq 6,3$	≤ 5
Couche inférieure (mise en œuvre en bicouche)	≥ 20	375	0,45	$3 \leq v \leq 6$	-	-
Routes régionales et communales						
Couche supérieure (mise en œuvre en monocouche ou en bicouche)	> 20	350	0,50	-	$W_i \leq 6,5$ $W_m \leq 6,0$	≤ 10
	$6 < D_{max} \leq 20$	375	0,50	$3 \leq v \leq 6$	$W_i \leq 6,8$ $W_m \leq 6,3$	≤ 10
	≤ 6	400	0,50	$5 \leq v \leq 8$	$W_i \leq 6,8$ $W_m \leq 6,3$	≤ 10
Couche inférieure (mise en œuvre en bicouche)	≥ 20	350	0,50	$3 \leq v \leq 6$	-	-
Routes agricoles et pistes cyclables						
Couche supérieure (mise en œuvre en monocouche ou en bicouche)	> 20	325	0,50	-	$W_i \leq 6,8$ $W_m \leq 6,3$	≤ 20
	$6 < D_{max} \leq 20$	350	0,50	$3 \leq v \leq 6$	$W_i \leq 7,0$ $W_m \leq 6,5$	≤ 20
	$D_{max} \leq 6$	375	0,50	$5 \leq v \leq 8$	$W_i \leq 7,0$ $W_m \leq 6,5$	≤ 20
Couche inférieure (mise en œuvre en bicouche)	≥ 20	325	0,55	$3 \leq v \leq 6$	-	-
W _i = absorption d'eau individuelle et W _m = absorption d'eau moyenne						

Tableau 1 : Exigences concernant la composition des bétons de route ainsi qu'en termes d'absorption d'eau et de résistance au gel en présence de sels de déverglaçage

En Belgique, le contrôle de la résistance mécanique du béton de route s'effectue par des essais de résistance à la compression sur carottes (hauteur de 10 cm, surface de compression de 100 cm²) prélevées dans le revêtement routier et à 90 jours d'âge. Ceci permet de contrôler non seulement la composition du béton mais également sa mise en œuvre (compactage, cure).

En réalisant les essais à 90 jours d'âge, l'influence de la température extérieure sur le revêtement du béton est minimisée et est considérée comme neutralisée. Lorsque des entraîneurs d'air sont appliqués, la résistance à la compression requise est réduite.

Type de voirie	Autoroutes et routes où le trafic lourd est important	Routes régionales et communales	Routes agricoles et pistes cyclables
Résistance caractéristique minimale à la compression W_k (N/mm ²)	60 50*	50 40*	45 35*
Résistance moyenne minimale à la compression (n = 10)	$W_k + 1,645 s$	$W_k + 1,645 s$	$W_k + 1,645 s$
Résistance moyenne minimale à la compression (n = 3)	$W_k + 10$	$W_k + 10$	$W'_k + 10$
* En cas d'incorporation d'un entraîneur d'air s = écart-type et n = nombre de carottes			

Tableau 2 : Exigences concernant la résistance à la compression des bétons

2.2. La teneur en eau des bétons

Le rapport E/C des bétons est limité à 0,45 voire 0,50. Ce rapport est calculé au départ de l'eau effective (E_{eff}) du béton. En effet, la norme stipule que seule l'eau effective est efficace. En d'autres termes, l'eau absorbée dans les granulats ne doit pas être prise en compte pour le calcul du facteur E/C car elle n'influence pas la qualité de la matrice de ciment. Pour la simplicité, il est admis que pour les granulats qui sont couramment utilisés en Belgique, environ 10 litres d'eau par m³ de béton sont absorbés et donc :

$$E_{\text{eff}} = E_{\text{totale}} - 10$$

$$\text{Avec } E_{\text{totale}} = E_{\text{granulats}} + E_{\text{ajoutée}} + E_{\text{adjuvants.}}$$

Expérimentalement, la teneur en eau totale du béton peut être déterminée par brûlage d'un échantillon de béton frais sur un réchaud au gaz par exemple. Lors de cet essai, la température du matériau atteint 350 °C et la totalité de l'eau est évaporée avant que celle-ci ne soit liée au ciment par les réactions d'hydratation.

On remarque généralement que la teneur en eau des bétons prêts à l'emploi est généralement comprise entre 170 et 190 l. Cette teneur en eau est nécessaire pour obtenir un béton homogène, bien mélangé. Aux teneurs en ciment prescrites par les cahiers des charges, ces teneurs en eau permettent de respecter généralement les E/C maximum prescrits.

Dans le cas contraire, la teneur en ciment doit être augmentée et/ou la granulométrie du squelette inerte du béton doit être adaptée. En effet, plus la quantité de grains fins est élevée (quantité et finesse du sable), plus la demande en eau est élevée.

Ainsi, la qualité et la quantité du sable utilisé dans les bétons routiers est très importante. Un béton routier est toujours caractérisé par une teneur en sable ($d = 0$ et $D \leq 4$ mm) limitée. De plus, un sable de rivière est préféré pour ces grains ronds (surface spécifique plus faible et donc demande en eau plus faible).

2.3. L'ouvrabilité du béton frais

La propriété essentielle du béton frais est son ouvrabilité, qui le rend apte à être mis en œuvre correctement. De nombreux facteurs influent sur l'ouvrabilité : type et dosage en ciment, granulométrie du béton, forme des granulats, qualité du sable, emploi d'adjuvants et, bien entendu, dosage en eau.

La teneur en eau du béton frais est la caractéristique la plus aisée à adapter pour modifier l'ouvrabilité. Cependant, il est bien connu que l'augmentation de la teneur en eau comporte des risques importants pour la qualité du béton comme par exemple :

- la diminution de la compacité et, corrélativement, des résistances mécaniques ;
- une porosité accrue et donc une sensibilité plus grande aux sels de déverglaçage ;
- un retrait augmenté.

L'ouvrabilité du béton frais peut être évaluée grâce à des essais normalisés ; dans la gamme des consistances des bétons routiers, les essais les plus appropriés sont l'affaissement au cône (« Slump » selon la norme NBN EN 12350-2) et l'essai VB (selon la norme NBN EN 12350-3). Le premier consiste en la mesure en millimètres du tassement d'un tronc de cône de béton frais lors de son démoulage et le deuxième en la mesure en secondes du temps nécessaire au tassement total d'un même tronc de cône au fond d'un moule cylindrique placé sur une table vibrante normalisée. L'augmentation de l'affaissement au cône comme la diminution du VB indiquent un accroissement de la fluidité du béton.

Afin de garantir une mise en place idéale, l'ouvrabilité doit être adaptée au moyen de mise en œuvre (manuelle, poutre vibrante, machine à coffrages glissants) et au type d'ouvrage (revêtement routier, bande de contrebutage, barrière de sécurité, ...).

A titre indicatif, on peut dire que pour un revêtement routier mis en place avec des coffrages glissants, le béton doit avoir un affaissement (slump) de 2 à 6 cm (classe d'affaissement S1 jusqu'à la limite inférieure de S2) ou un temps Vebe d'environ 5 secondes, ce qui correspond à la classe Vebe V4 à V3.

Pour une mise en place manuelle entre des coffrages fixes et à l'aide d'une poutre vibrante et d'aiguilles vibrantes, un affaissement de 8 à 9 cm est conseillé (classe S2).

2.4. La teneur en air des bétons

Les exigences des cahiers des charges types en matière de teneur en air sont données au tableau 1 ci-avant. Il est à remarquer que lorsque le calibre maximum du granulat du béton diminue, la teneur en air entraîné doit être augmentée. En effet, un béton est d'autant plus sensible à l'écaillage que la proportion de mortier est élevée. Celle-ci augmente lorsque le calibre des granulats diminue. Les teneurs en air prescrites sont garanties par l'utilisation d'adjuvants entraîneurs d'air.

L'objectif recherché lors de l'utilisation d'un entraîneur d'air est de conférer au béton une bonne résistance à l'écaillage due au gel en présence de sels de déverglaçage.

Les entraîneurs d'air sont des adjuvants qui entraînent et stabilisent un nombre élevé de microbulles d'air, réparties uniformément dans la masse du béton et qui subsistent après durcissement du béton. Contrairement aux bulles d'air occluses, les bulles d'air entraînées intentionnellement sont extrêmement petites (10 à 500 μm). Ces bulles ne sont pas intimement liées et sont très bien réparties dans la pâte (ciment + eau + air).

Le contrôle de la teneur en air sur béton est réalisé à l'aide d'un aéromètre (air-meter) conformément à la norme NBN EN 12350-7 (méthode à pression variable). Sur béton durci, les caractéristiques des vides d'air peuvent être contrôlées par comptage au microscope stéréoscopique selon la norme NBN EN 480-11.

A côté de l'amélioration de la résistance des bétons à l'écaillage, l'air entraîné apporte aussi d'autres effets, au béton frais et au béton durci. Bien réparties, les microbulles font office de roulements entre les grains de sable accroissant ainsi l'ouvrabilité du béton. Les résistances mécaniques diminuent avec l'augmentation de la teneur en air. Il a été démontré que la résistance à la compression peut chuter de plus de 5 N/mm² par pour-cent d'air entraîné.

2.5. L'absorption d'eau du béton durci

Le béton est un matériau qui comporte des pores ou vides. Ces pores sont provoqués par la présence d'eau durant l'hydratation. La quantité d'eau pouvant être liée chimiquement par un ciment Portland est d'environ 25 % de la masse de ciment. En outre, une quantité d'eau, environ égale à 15 % de la masse de ciment, est liée en tant qu'eau de gel. Cette eau de gel est constituée d'eau qui a été adsorbée physiquement à la surface des produits d'hydratation et d'un film d'eau monomoléculaire qui est lié entre les produits de cristallisation plats (« interlayer water »). L'eau de gel s'évapore complètement dans une étuve à 105 °C, mais malgré cette liaison libre, elle est incapable de réagir avec le ciment non encore lié.

De plus, pour une bonne ouvrabilité du béton, le facteur E/C est généralement supérieur à 0,40. Une partie de l'eau n'est donc pas liée chimiquement ni physiquement et s'installe dans les alvéoles capillaires (eau interstitielle), d'où elle peut éventuellement s'évaporer ultérieurement. Cette formation d'alvéoles capillaires signifie un affaiblissement du béton. Etant donné que des substances agressives peuvent en outre s'infiltrer aisément dans le béton via ce réseau d'interstices, la durabilité est peut être influencée négativement.

Le volume des vides nocifs s'évalue, en pratique, par l'essai d'absorption d'eau par immersion du béton durci (norme NBN B 15-215). Plus le volume de ces vides est important, plus le risque de dégâts dus au gel et aux sels de déverglaçage est important.

La surface du béton de route soumise aux influences atmosphériques est particulièrement importante ; c'est pour cette raison que les cahiers de charges prescrivent un pourcentage maximal d'eau absorbée mesuré dans les 40 à 50 mm supérieurs du revêtement. Les prescriptions des cahiers des charges sont données au tableau 1.

En fait, les facteurs qui ont une influence sur la teneur en eau en ont aussi sur l'absorption d'eau; c'est ainsi que l'emploi de sables fins ou encore tout ajout d'eau augmentent l'absorption d'eau. Elle est aussi directement dépendante de la qualité de la protection du béton frais contre l'évaporation. Cette protection doit être appliquée immédiatement derrière la machine de mise en œuvre. Il a également été constaté que pour toute augmentation de un pourcent de la teneur en air du béton (à E/C constant), l'absorption d'eau par immersion augmente de plus de 0,2 % (en masse).

2.6. La résistance à l'écaillage

Le gel combiné à l'action des sels de déverglaçage constitue une sollicitation importante de la surface des bétons. Les prescriptions des cahiers des charges types en matière de résistance au gel en présence de sels de déverglaçage sont données au tableau 1. Le contrôle est réalisé sur une éprouvette prélevée dans le revêtement conformément au projet de norme ISO-DIS 4846-2. Celui-ci prévoit des cycles successifs de gel-dégel (entre -18 °C

et +20 °C) sur éprouvettes dont la surface est recouverte d'une solution de produit dégivrant (en général, du CaCl_2). Tous les 5 cycles, la perte de masse de l'éprouvette est mesurée. L'expérience montre que la résistance à l'écaillage in situ du béton est bonne pour des pertes cumulées de matière inférieures à 10 g/dm² après 30 cycles de gel-dégel.

3. Les caractéristiques des matériaux pour revêtements et accessoires de chaussées.

En Belgique, la pierre naturelle concassée ainsi que le gravier concassé sont autorisés comme gravillons ($d \geq 2$ mm et $D \geq 4$ mm). L'emploi des gravillons roulés est à éviter pour les revêtements car ils sont défavorables à l'obtention d'une bonne rugosité de la surface de la route.

La dimension maximale admise des grains est de 31,5 mm. Dans les revêtements en béton silencieux, elle est toutefois limitée à 20, voire 14 mm, 10 mm ou 6,3 mm pour la couche supérieure d'un revêtement bicouche. Afin d'éviter la ségrégation, il est impératif d'approvisionner les gravillons en fractions granulaires limitées, par exemple 2/6,3, 6,3/14 et 14/20.

Les gravillons pour revêtement en béton sont soumis à des critères de qualité beaucoup plus exigeants que ceux pour les bétons de structure classique. Ces critères sont donnés sous forme de catégories dans la norme NBN EN 12620 et les prescriptions d'application pour les bétons routiers sont précisées dans les cahiers des charges. On notera, par exemple, que le coefficient de polissage accéléré doit être supérieur à 50 (PSV_{50} selon NBN EN 12620) pour les bétons des couches de roulement. Le coefficient de polissage accéléré des granulats est imposé par les cahiers des charges dans le but de garantir la rugosité des revêtements ; il a peu d'importance sur la qualité finale du béton pour autant que les pierres ne soient pas gélives. C'est ainsi qu'une attention toute particulière doit être apportée à la présence éventuelle de granulats gélifs qui peuvent se gorger d'eau puis gonfler lors du gel et provoquer des éclatements lorsqu'ils sont proches de la surface.

Si le granulat ne répond pas parfaitement aux impositions de granularité, cela ne le rend pas forcément impropre à réaliser une courbe granulométrique optimale ; par contre, les impositions relatives à la forme et au pourcentage de fines doivent être scrupuleusement respectées car elles gouvernent l'ouvrabilité du béton. Leur non-respect entraîne automatiquement une augmentation de la teneur en eau du béton.

La qualité du sable est également importante à tout point de vue. Elle influence directement l'ouvrabilité, la durabilité et la résistance du béton. Le gros sable de rivière 0/2 à 0/4 ayant un module de finesse supérieur à 2,4 est le sable pour béton le plus approprié pour les revêtements routiers. La norme NBN EN 12620 donne également des directives pour les

sables et celles applicables aux bétons routiers sont reprises aux cahiers des charges. On retiendra essentiellement la granularité et la variabilité de la granularité ainsi que la teneur en fines, celle-ci doit être inférieure à 3 %. D'une manière générale, un bon sable pour béton possède les caractéristiques reprise à la figure 1 ci-dessous.

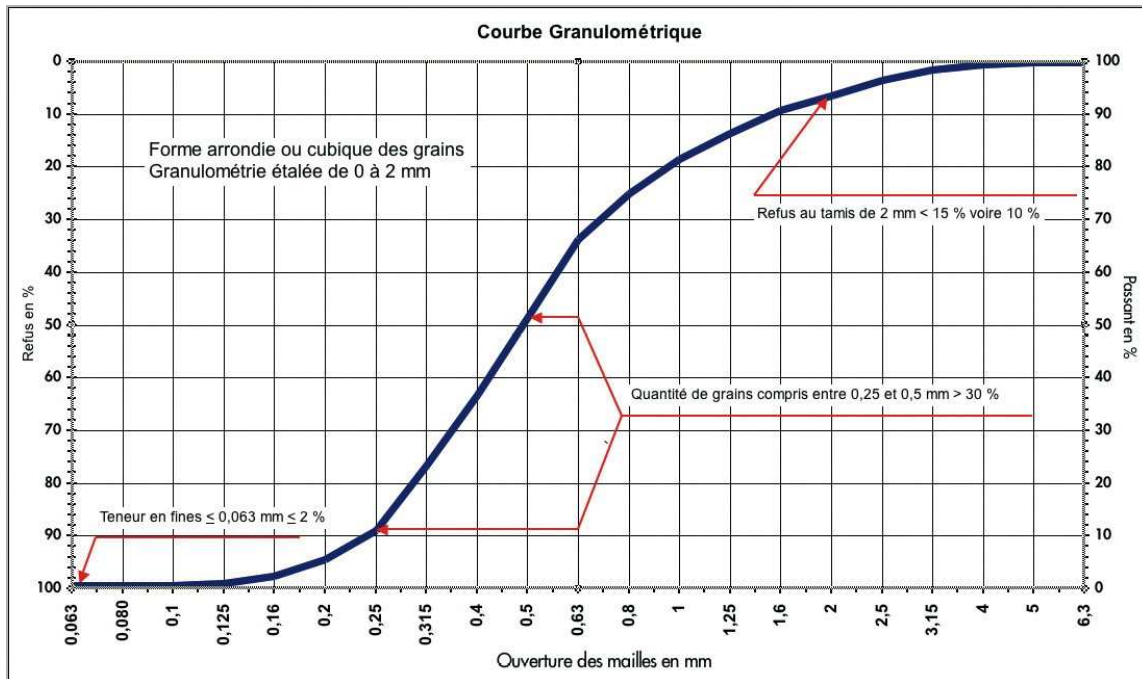


Figure 1 : Caractéristiques granulométriques d'un bon sable pour béton

En ce qui concerne le ciment, les ciments les plus couramment employés pour la confection de bétons routiers sont les ciments de classe de résistance 42,5 (N ou R). Le choix est laissé entre un ciment Portland (CEM I) ou un ciment de haut fourneau contenant au maximum 65 % de laitier (CEM III/A). Du ciment de classe de résistance 52,5 est parfois utilisé pour des applications particulières comme le béton à durcissement rapide.

De manière à inhiber la réaction alcali-silice, l'emploi d'un ciment à teneur limitée en alcalis (type LA selon la norme NBN B 12-109) s'impose pour les revêtements de chaussées en raison de l'environnement routier humide.

Les plastifiants/réducteurs d'eau, les superplastifiants/hautement réducteurs d'eau et les entraîneurs d'air sont les principaux adjuvants utilisés dans les bétons routiers. Exceptionnellement, des régulateurs prise (retardateurs et accélérateurs) peuvent être utilisés. Ces adjuvants doivent être conformes à la norme NBN EN 934-2.

Les plastifiants sont pratiquement toujours nécessaires pour rendre le béton de route suffisamment plastique. Ils ont pour fonction principale de conduire, à même ouvrabilité, à une augmentation des résistances mécaniques par une réduction de la teneur en eau du béton. Les superplastifiants sont moins utilisés que les plastifiants dans le secteur routier, si

ce n'est pour des bétonnages où peu de moyens de vibration sont disponibles ou pour réaliser des bétons à forte résistance initiale qui doivent supporter le trafic moins de 72 heures après la mise en œuvre (béton de réparation à très faible rapport E/C - < 0,40).

4. La composition des bétons pour revêtements et accessoires de chaussées

Le choix des proportions des différents constituants du béton est primordial pour l'obtention d'un matériau de qualité. En effet, l'usage généralisé de la vibration interne et des machines à coffrages glissants qui ne permettent pas de correction après mise en œuvre a imposé l'emploi de compositions adaptées.

De nombreuses méthodes de calcul de la composition des bétons existent dans la littérature. Citons par exemple la loi de FERET (1890), la loi de FULLER (1907), la loi d'ABRAMS (1918), la loi de BOLOMEY (1925), ... Il est cependant toujours nécessaire de les interpréter en fonction des matériaux réellement disponibles ; l'expérience a une grande importance dans ce domaine, c'est pourquoi il est recommandé de s'adresser à un laboratoire spécialisé lorsqu'un problème lié à la composition du béton se présente, ou lors de la mise en marche d'une nouvelle machine, ou encore lorsque des matériaux de caractéristiques mal connues sont utilisés.

Il est indispensable de faire appel à des bétons à granulométrie bien étudiée pour obtenir simultanément l'ouvrabilité appropriée et les résistances imposées. Sans entrer dans les détails, les méthodes visent à obtenir un béton compact en enrobant les agrégats d'une quantité minimale de pâte de ciment ; cette dernière doit être constituée d'une proportion convenable de ciment et d'eau.

Le principe des méthodes les plus utilisées est l'établissement de courbes granulométriques (ou de fuseaux granulométriques) idéales théoriques ou empiriques en fonction du mode de mise en œuvre, des formes de l'élément à construire et du mode de serrage du béton. Les proportions des granulats sont alors choisies de manière à ce que la courbe granulométrique du béton épouse le plus fidèlement possible la courbe de référence ou s'intègre parfaitement dans le fuseau.

Les paragraphes ci-après donnent des courbes granulométriques de référence des squelettes inertes de différents bétons de revêtements et d'accessoires de chaussée.

4.1. Béton 0/32 – Autoroutes, routes régionales et communales (figure 2)

Le rapport pondéral entre la fraction 0/2 du sable utilisé et le squelette se situe pour ce béton 0/32 à ± 26 %. L'énergie de compactage des machines à coffrages glissants étant assez élevée, la teneur en sable est faible. Ceci est favorable à la compacité et donc à la durabilité de ce béton étant donné que la quantité d'eau de mouillage du sable reste ainsi limitée. La courbe en pointillé sur le graphique permet d'obtenir une composition de béton (environ 150 kg de gravillons 20/32 en moins par m³ de béton) où l'extrusion est améliorée ainsi que le maintien en bord de dalle.

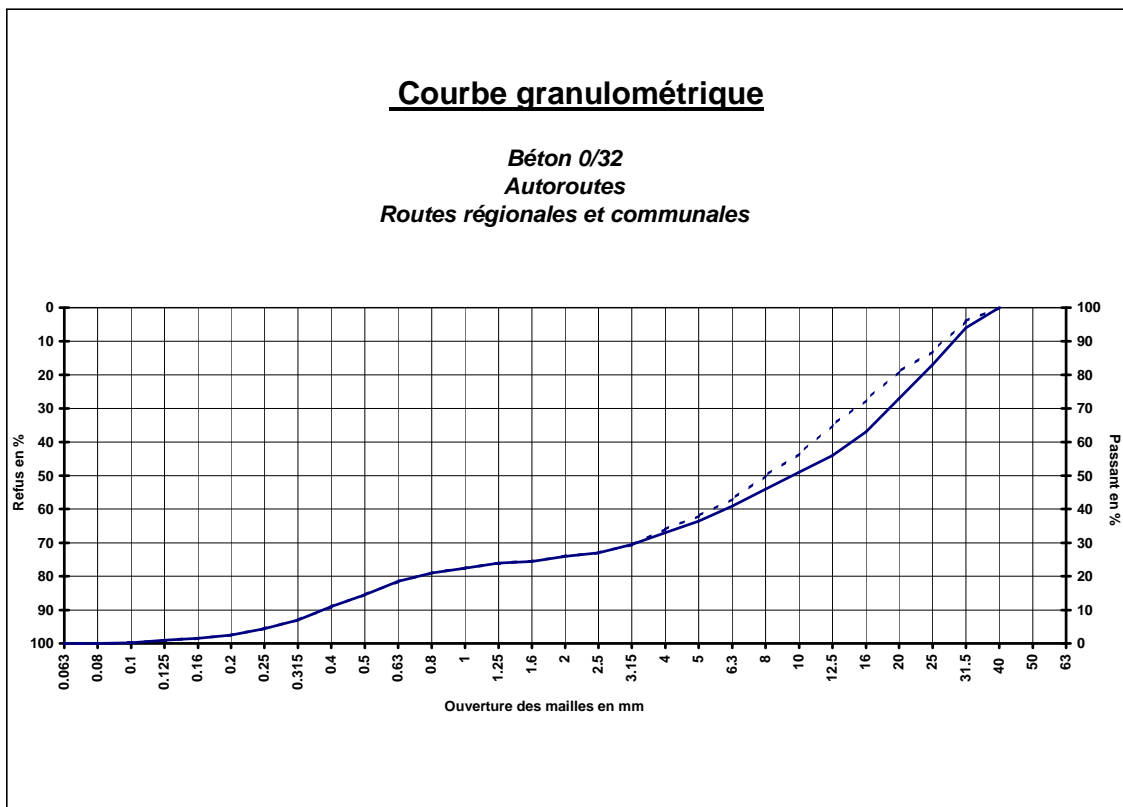


Figure 2 – Courbe de référence du squelette inerte d'un béton 0/32 pour autoroutes et routes régionales ou communales

4.2. Bétons silencieux 0/20, 0/14 et 0/6 (figure 3)

Le rapport pondéral entre la fraction 0/2 du sable utilisé et le squelette se situe, pour le béton silencieux 0/20, à 33 – 34 %. La teneur en sable est identique à celle d'un béton 0/20 classique. La grande différence réside dans la grande quantité de gravillons compris entre les mailles de 4 à 8 mm. Celle-ci est de minimum 25 % de la totalité du squelette inerte du béton.

En diminuant le D_{\max} du granulat (bétons 0/14 à 0/6), la teneur en sable 0/2 augmente par rapport au béton 0/20. Ceci a pour effet d'augmenter la demande en eau et la teneur en ciment.

A remarquer que tous ces bétons sont quasiment des bétons discontinus puisque la fraction 2/4 est pour ainsi dire nulle.

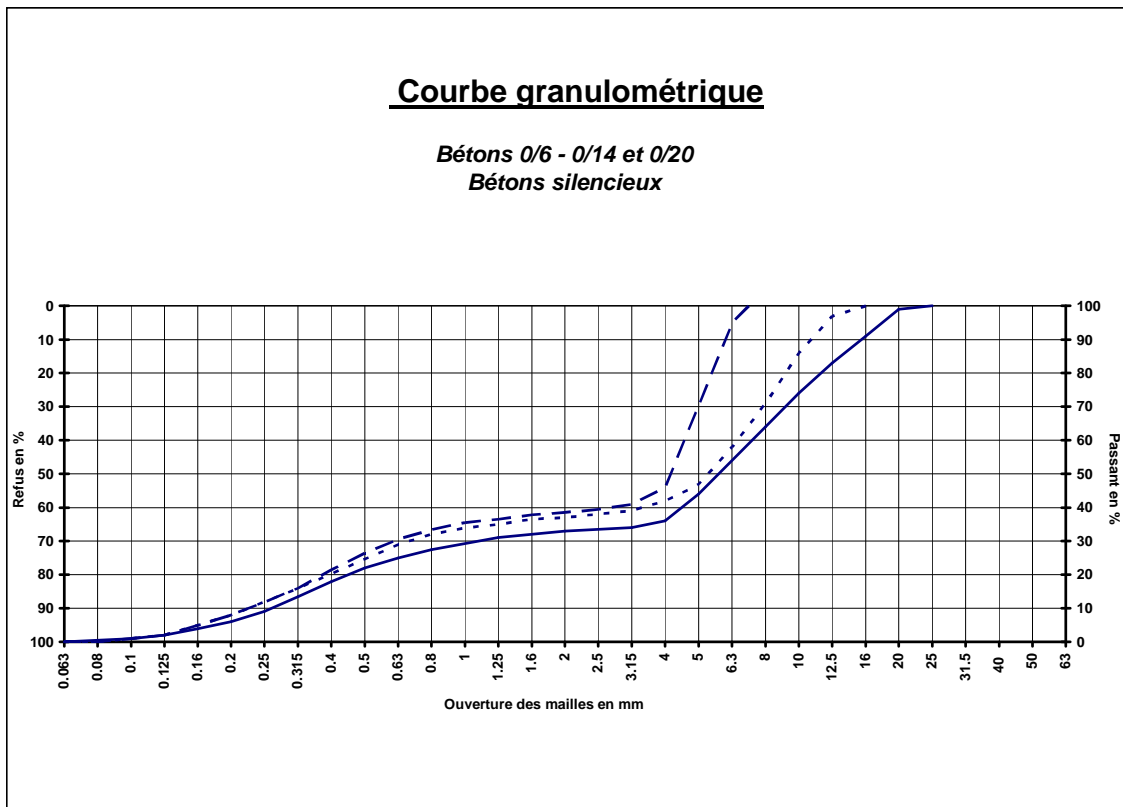


Figure 3 : Courbe de référence du squelette inerte des bétons 0/6, 0/14 et 0/20 pour revêtements silencieux

5. Conclusions

Les principaux aspects de la composition d'un béton routiers qui permettent la réalisation de bétons routiers durables et des routes en béton sûres et confortables sont les suivants :

- le choix de matériaux de qualité, en particulier un bon sable de rivière ;
- et l'adoption d'une composition de béton présentant un minimum de vides, c'est-à-dire une bonne proportion des constituants, une quantité aussi faible que possible de sable et la limitation de la teneur en eau et du rapport E/C.

Le calcul du dosage des différents constituants peut se faire par la méthode des moindres carrés au départ d'une bonne courbe de référence bien adaptée au moyen de mise en œuvre (e.a. la puissance des machines de mise en œuvre).

De la même manière que pour tous les matériaux, les règles de l'art pour la mise en œuvre doivent être respectées afin de garantir l'obtention du résultat recherché. La qualité des bétons durcis, en particulier leur durabilité de surface, est complètement dépendante de la protection du béton frais contre l'évaporation. Celle-ci doit être appliquée aussi vite que possible après la pose, en aucun cas, la protection ne peut être reportée comme cela se constate malheureusement parfois sur chantier.

Références bibliographiques

Ministère de la Région wallonne, Ministère de l'Équipement et des Transports.
Cahier des Charges type RW 99 : 2004.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.
Standaardbestek 250 voor de wegenbouw, versie 2.1, 2006.

Ministère de la Région de Bruxelles-Capitales, Administration de l'Équipement et des Déplacements.
Cahier des Charges type 2000.