

# RÉSUMÉ

**F 7038**

**Elaboration de règles d'application de laitier  
granule de haut-fourneau moulu en tant qu'additif  
pour béton selon la norme européenne de  
matériaux**

**Project No. ZP 52-5-7.257-/05**

Dans le cadre de ce projet de recherche, les propriétés de bétons à l'adjonction de laitier moulu selon la norme DIN EN 15167-1 ont été examinées. Cette norme fixe les exigences au laitier moulu, mais les exigences en vue de leur application en tant qu'additif pour béton (type II) n'y sont pas incluses. Pour leur application, des règles nationales doivent être élaborées. Le but du projet de recherche présent a consisté à créer une base de données pour l'élaboration de ces règles. En particulier, l'efficacité du laitier comme substitut équivalent au ciment selon DIN EN 15167-1 (valeur du coefficient k) a dû être vérifiée par essais. En outre, l'emploi de laitier suivant une stratégie d'échange a été éprouvé.

Pour ce projet, cinq laitiers européens ont été choisis et livrés en état de granulats à l'institut ibac où ils ont été moulus spécialement pour les buts de ce projet. La finesse envisagée lors du mouillage a correspondu à l'exigence minimale de la norme DIN EN 15167-1 afin d'examiner aussi les laitiers les plus défavorables. Le choix des laitiers aussi, elle s'est orientée aux exigences minimales de la norme: en vue de leurs compositions chimiques, ils ont correspondu aux exigences de la norme, mais en ce qui concerne l'indice d'activité et la finesse, un des laitiers n'y a pas correspondu.

Les essais sur les laitiers moulus ont été effectués en combinaison avec un ciment Portland CEM I 32,5 R, un ciment Portland au laitier CEM II/B-S 32,5 R et un ciment de Haut-Fourneau CEM III/A 32,5 N. Tout d'abord, les résistances en compression des mortiers (relatives aux résistances des mortiers à ciment étant la référence) ont été déterminées pour toutes les combinaisons ciment / laitier. Les rapports h/z de la teneur en laitier h et de la teneur en ciment z ont été choisis entre 0,25 et 1,5. Comme prévu, les résistances relatives diminuent lorsque la teneur en laitier du ciment et le rapport h/z augmentent.

Sur l'échelle du béton, l'efficacité de quatre laitiers comme substituts équivalents au ciment a été éprouvée à l'âge du béton de 7, 28 et 56 jours pour les rapports h/z de 0,33, 1,0 et 1,5 (en partie) selon la stratégie de la valeur du coefficient k. Cependant, des valeurs fiables pour le coefficient k n'ont pas toujours pu être trouvées, parce que quelques résistances des bétons à laitier moulu ont été mesurées nettement au-dessous des résistances de référence.

Lors de la conception des bétons, le ciment a été substitué par du laitier en rapport 1:1, ainsi une valeur du coefficient k égale à 1 a été présumée. Cependant, cette valeur du coefficient k n'est souvent pas obtenue. À la base des données existantes, le coefficient k peut être estimé pour l'âge du béton de 28 jours à une valeur minimale entre 0,4 et 0,6. Pour l'application des laitiers moulus selon la stratégie d'échange, seulement le laitier le plus réactif A s'est montré qualifié. Par leurs finesesses plus élevées, les laitiers moulus commerciaux peuvent atteindre probablement des valeurs du coefficient k bien plus grandes qui varient aussi avec le rapport h/z. Une valeur du coefficient k égale à 1 semble être réaliste pour un rapport h/z égal à 0,33 et une finesse Blaine du laitier au-dessus de 4000 cm<sup>2</sup>/g. Afin de pouvoir appliquer des valeurs du coefficient k réalistes, plusieurs classes de qualité devraient être introduites.

À côté des essais de résistance en compression, la durabilité a été examinée du point de vue carbonatation, résistance électrolytique et résistance au gel-dégel avec ou sans agent de déverglaçage. Lors de l'examen de la carbonatation, des éprouvettes prismatiques (70 · 70 · 250 mm<sup>3</sup>) ont été utilisées. Les résultats ainsi obtenus ont été comparés avec ceux résultant des essais sur six mélanges à h/z égal à 0,33 sélectionnés et effectués sur des éprouvettes prismatiques en béton fin (40 · 40 · 160 mm<sup>3</sup>) selon le concept du Deutsches Institut für Bautechnik. Ces essais en béton démontrent que la vitesse en carbonatation augmente lorsque la teneur en laitier augmente et lorsque la teneur en ciment Portland diminue, n'importe si le laitier fait partie du ciment ou s'il joue le rôle d'un additif pour béton. Lors des essais sur les bétons fins, l'évaluation des mélanges à taux de laitier élevés sont trop défavorables, parce que le dessèchement plus accentué des primes en petit format provoque une vitesse en carbonatation plus élevée que celle qui se produit en échelle de béton normal. Cette observation est surtout valable lors d'une comparaison avec des bétons riches en clinker parce que ces bétons montrent à l'échelle de béton fin une carbonatation moins élevée qu'en échelle de béton normal.

Lors des essais gel-dégel avec ou sans agent de déverglaçage, deux laitiers moulus ont été examinés à un rapport h/z égal à 0,33 et un laitier moulu ultérieur à un rapport h/z égal à 1,0. Pour ces essais, les ciments CEM I 32,5 R et CEM II/B-S 32,5 R ont été appliqués. Pour la conception des mélanges, les valeurs du coefficient k déterminées ont été utilisées. La convenance de tous les dix bétons examinés (selon la méthode sur des DIN EN/TS 12390-9) a pu être démontrée pour la classe d'exposition XF3 – les pertes en masse étant au maximum à un pourcentage en masse de 2,5 % après 100 cycles gel-dégel. Les résultats des essais gel-dégel avec agent de déverglaçage selon la méthode CDF sur des bétons à taux de laitier h/z égal à 1,0 et en appliquant le ciment CEM II/B-S 32,5 R ont dépassés les valeurs limites de la perte en masse de 1500 g/m<sup>2</sup>.