

## PradoWeb: mise à jour du calcul des vides

En décembre 2020, le CRR a lancé le nouveau logiciel PradoWeb (*Program for Road Asphalt Design and Optimization - Web*), pour la formulation théorique des enrobés bitumineux.

Il s'agit d'un logiciel permettant d'effectuer rapidement et efficacement une formulation des mélanges, adaptée à la pratique actuelle dans le secteur des enrobés bitumineux. Le programme peut également être utilisé pour calculer l'impact de certains choix ou changements dans les constituants et la composition afin d'optimiser harmonieusement la formulation théorique des mélanges, avant de passer aux essais en laboratoire. En outre, le programme peut également être utilisé pour identifier certains risques sur le chantier.

### Comment fonctionne PradoWeb?

PradoWeb calcule la composition volumétrique des mélanges bitumineux sur la base des caractéristiques des constituants, de la composition du mélange de granulats, de la quantité de liant et des additifs éventuels. Il en découle plusieurs caractéristiques qui sont indicatives de la maniabilité et des performances mécaniques. Il s'agit notamment des VMA ('voids in mineral aggregates'), des VFB ('voids filled with binder'), du MSI ('mastic stiffness indicator'), des vides dans le mélange et de la rigidité.

Derrière tous ces résultats de PradoWeb se cachent de nombreux calculs, basés sur des modèles et des formules théoriques validés au fil des années par les données expérimentales du CRR.

## Suivi

Au fil du temps, les mélanges ont évolué: nouveaux mélanges, encore plus d'agrégats d'enrobés bitumineux (AEB), etc. La gamme de types de compacteurs giratoires s'est également considérablement élargie et de plus en plus d'entrepreneurs utilisent un ou plusieurs appareils.

En janvier 2023, plusieurs utilisateurs belges et le CRR se sont réunis afin de partager leurs expériences avec PradoWeb. Certains membres de l'Association Belge des Producteurs d'Enrobés (ABPE) ont accepté de partager leurs données afin de permettre l'analyse d'un ensemble de données plus vaste qu'auparavant. L'ensemble de données comprenait des données sur un nombre plus important de mélanges et des mélanges plus récents avec ou sans AEB, ainsi que des données de laboratoire avec différents types de compacteurs giratoires.

Toutes ces nouvelles données disponibles, c'est-à-dire non seulement les mélanges testés par le CRR mais aussi par les utilisateurs, ont permis au CRR d'optimiser le modèle de calcul des vides.

## Les améliorations principales

Le modèle de calcul des VMA reste basé sur le principe du '*binary aggregate packing*' (BAP) proposé par Francken (Francken, 1991).

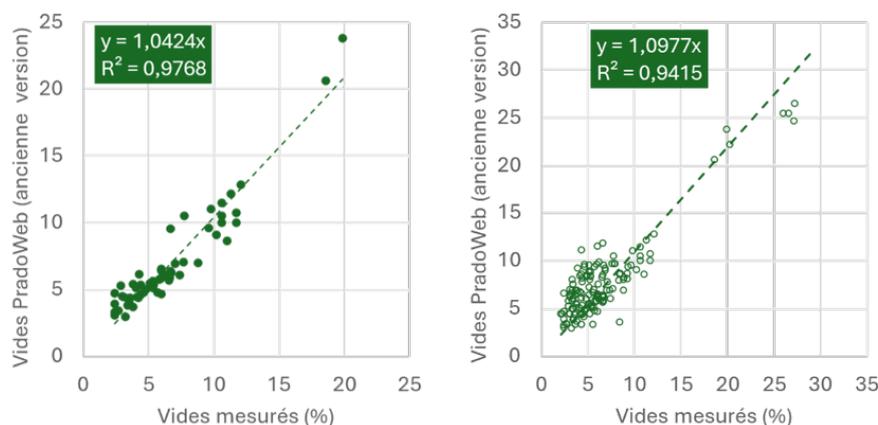
Grâce à la coopération du secteur des enrobés (membres de l'Association Belge des Producteurs d'Enrobés (ABPE)), les formules d'estimation des vides ont pu être améliorées et PradoWeb mis à jour. Être et rester au fait des évolutions et des innovations dans le secteur des enrobés est une volonté manifeste du CRR et une condition pour une utilisation optimale du logiciel.

Comme dans la première version du logiciel PradoWeb, les calculs sont largement basés sur des modèles théoriques et des formules développées au CRR. Toutefois, plusieurs paramètres de calcul ont été ajustés pour améliorer le pouvoir de prédiction. Les formules modifiées sont basées sur plus du double de mélanges, ainsi que sur plusieurs types de compacteurs giratoires.

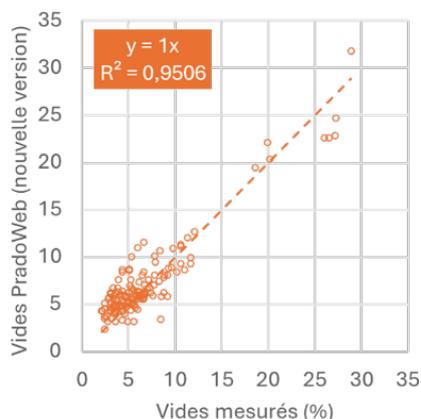
Avec l'introduction d'un plus grand nombre de mélanges différents et d'un plus grand nombre de modèles de compacteurs giratoires, nous avons observé une plus grande différence entre les vides mesurés et prédits et une plus grande dispersion des données, en particulier pour les mélanges fermés et les mélanges présentant une courbe discontinue (vides < 10 %) (figure 1). Pour évaluer l'adéquation du modèle, nous avons utilisé la RMSE (*root-mean-square-error*). Sur la base de l'ensemble de données original et de l'ancien modèle de calcul, la RMSE originale de 1,25 % est passée à 3,34 % avec l'introduction d'un plus grand nombre de nouveaux mélanges.

Bien entendu, nous devons tenir compte de l'erreur inhérente à l'essai giratoire lui-même, qui est exprimée par la reproductibilité définie dans la norme EN 12697-31: la reproductibilité R est de 2,35 %. Sur cette base, nous avons conclu qu'une amélioration de l'estimation est encore possible étant donné que la RMSE est plus grande que l'erreur de reproductibilité de l'essai. Après l'optimisation du modèle théorique, les vides ont été recalculés à l'aide de PradoWeb et leur corrélation avec les vides mesurés est présentée à la figure 2 (graphique orange). On constate une nette diminution de l'erreur de prédiction, qui passe d'une RMSE de 3,34 % à 1,87 %. De plus, pour les plus matheux d'entre nous, la ligne de régression montre un  $y = 1x$  parfait, ce qui n'était pas le cas dans le modèle précédent.

Nous pouvons donc conclure que le modèle optimisé permet de faire une bonne et meilleure prédiction des vides, en tenant compte de l'erreur de mesure inhérente à l'essai giratoire lui-même.



**Figure 1** – Régression des vides de PradoWeb (ancienne version) en fonction des vides mesurés avec les données CRR uniquement (à gauche); régression des vides de PradoWeb (ancienne version) en fonction des vides mesurés avec les données CRR et celles des entrepreneurs (à droite).



**Figure 2** – Régression des vides de PradoWeb (nouveau calcul) en fonction des vides mesurés en considérant à la fois les données du CRR et celles des entrepreneurs.

À la fin du mois de juin dernier, le CRR a lancé la mise à jour de PradoWeb avec le nouveau modèle de calcul. Une belle réussite qui n'a pu voir le jour que grâce à cette collaboration optimale entre les producteurs d'enrobés et le CRR. Nous sommes convaincus que cela contribuera à de meilleurs mélanges sur la route.



**Tine Tanghe**

**E** [t.tanghe@brrc.be](mailto:t.tanghe@brrc.be)

**T** +32 2 766 03 30



**Alexandros Margaritis**

**E** [a.margaritis@brrc.be](mailto:a.margaritis@brrc.be)

**T** +32 2 766 03 56

## Bibliographie

Francken, L. (1991). Granulométrie et formulation. 1e partie: Évaluation de la porosité du squelette minéral. *Bituminfo*, (60), 3–21.