

# Réutilisation des déchets de coquilles d'œufs en charge fonctionnelle pour revêtements

20 juillet 2026, 15:12

Pieter Samyn

## Bienvenue dans l'ère du carbonate de calcium circulaire

Le carbonate de calcium est l'une des charges minérales les plus largement utilisées dans les peintures et les revêtements, car il permet notamment d'optimiser les coûts, de renforcer les propriétés mécaniques et d'affiner les caractéristiques de surface. L'exploitation des carrières de calcaire, qui fournissent traditionnellement ce matériau, suscite cependant des inquiétudes croissantes quant aux émissions de carbone, à l'impact environnemental et à l'épuisement des ressources.

Parallèlement, des millions de tonnes de déchets de coquilles d'œufs, composées naturellement de CaCO?, sont générés chaque année et restent fortement sous-utilisés. Pour permettre à ces deux réalités de se rencontrer, des innovations telles que celles développées par EGGXPERT transforment des coquilles d'œufs provenant à 100?% de l'Union européenne en un matériau renouvelable hautement performant.




### Découvrez tous les articles de cette série

- Des composants petits mais puissants pour des revêtements écologiques

- Additifs biosourcés : valorisez vos résidus
- Des résidus agricoles aux revêtements haute performance
- Réutilisation des déchets de coquilles d'œufs en charge fonctionnelle pour revêtements ? *Article actuel*
- De déchets agricoles à revêtements performants
- Les isocyanates biosourcés dans les revêtements en polyuréthane sont-ils une bonne idée ?
- Additifs anticorrosion biosourcés partie 1
- Additifs anticorrosion biosourcés partie 2
- Optimisez la formulation des revêtements grâce aux analyses
- Comment choisir des liants biosourcés pour les revêtements ?

## Des déchets aux ressources?: production de CaCO? renouvelable à partir de coquilles d'œufs

Les déchets de coquilles d'œufs constituent un flux de ressources important mais sous-exploité. À l'échelle mondiale, environ 30?millions de tonnes de déchets de coquilles d'œufs sont générés chaque année, principalement par les industries de transformation des œufs.  Rien qu'en Europe, des pays tels que les Pays-Bas et la France en produisent chacun des dizaines de milliers de tonnes par an. Le cadre réglementaire européen classe les coquilles d'œufs comme des sous-produits animaux, ce qui implique diverses exigences en matière de manipulation et d'élimination. Pour les installations de traitement de taille moyenne, les coûts d'élimination peuvent atteindre 100 ?000?euros par an, si bien que le fardeau environnemental est aussi économique.

Parallèlement, le secteur des minéraux est confronté à ses propres défis de durabilité. L'extraction du calcaire, principale source de carbonate de calcium, nécessite des opérations d'exploitation minière, de transport et de traitement particulièrement énergivores. La production mondiale de calcaire dépasse les 5?milliards de tonnes par an et devrait continuer à augmenter. Ce secteur contribue donc de manière significative aux émissions de carbone (estimées à 4 à 7?% à travers le monde) et à la dégradation des paysages.

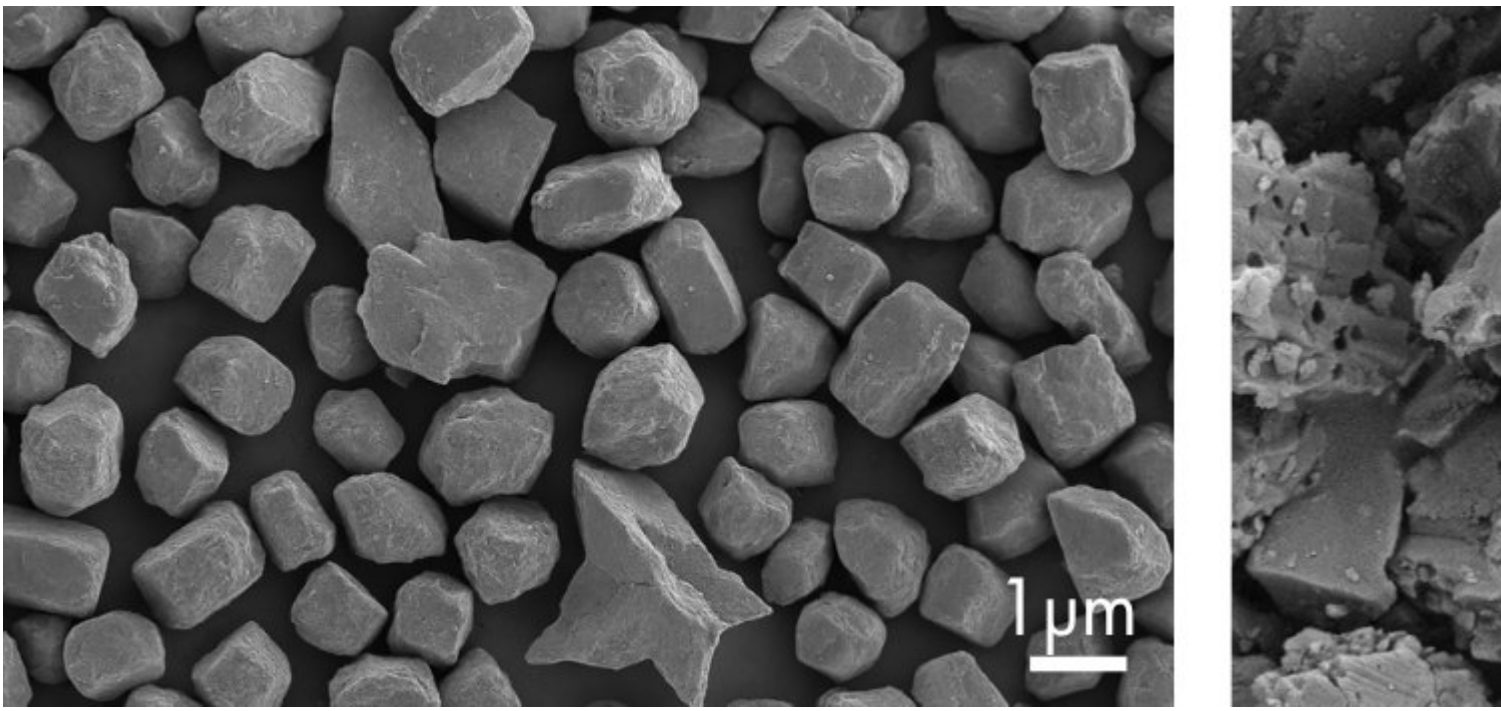
Ce double enjeu, à savoir la gestion des déchets organiques et la dépendance aux ressources minérales, crée une opportunité évidente pour l'innovation circulaire. Jetant le pont entre ces deux réalités, des initiatives innovantes telles que celles développées par EGGXPERT prouvent que les coquilles d'œufs peuvent être transformées en une source renouvelable et de haute qualité de carbonate de calcium. De nouvelles perspectives s'ouvrent ainsi pour les matériaux circulaires et l'industrie manufacturière durable. Les coquilles d'œufs sont naturellement composées de 95 à 98?% de carbonate de calcium sous forme de calcite, ce qui les rend intrinsèquement propres à être utilisées comme matière première minérale. Contrairement au calcaire extrait des carrières, le CaCO? issu de coquilles d'œufs présente déjà une structure biogénique raffinée. Il nécessite dès lors un traitement moins intensif pour atteindre une qualité fonctionnelle.

## Le potentiel inexploité des déchets de coquilles d'œufs

Du point de vue de la science des matériaux, le CaCO? issu de coquilles d'œufs présente de nombreuses similitudes avec le carbonate de calcium naturel (Ground Calcium Carbonate, GCC), tout en ayant des caractéristiques microstructurelles uniques. Les coquilles d'œufs récupérées possèdent une teneur en CaCO? comparable (99,5?%) et la même structure cristalline de calcite que le calcaire de haute qualité provenant de sources conventionnelles.

La morphologie des particules les différencie cependant de manière fondamentale. Les particules de coquille d'œuf possèdent une structure plus irrégulière, poreuse et hétérogène que celle du CaCO? synthétique ou extrait de carrière (**Figure 1**). Cette structure unique est l'œuvre de la nature, dans laquelle les structures hiérarchiques des biominéraux contribuent généralement à optimiser le rapport entre résistance et légèreté. Les nanopores et les aspérités, en particulier, lui confèrent des propriétés spécifiques, à savoir une plus grande surface spécifique favorisant l'adhérence, un enchevêtrement mécanique renforcé au sein des matrices, une meilleure interaction entre la charge et la matrice et une dispersion potentiellement améliorée de certaines tailles de particules.

Ces caractéristiques offrent un bon potentiel de dissipation locale de l'énergie et une meilleure résistance à la fissuration, ce qui peut influencer directement les performances des revêtements et des systèmes composites. La compatibilité technique avec un large éventail d'applications innovantes a été démontrée et de nouvelles applications sont en cours de développement.




***Figure?1.*** *Vue microscopique de différentes sources de carbonate de calcium, (à gauche) carbonate de calcium naturel conventionnel (Source?: © Sirris), (à droite) carbonate de calcium circulaire issu de coquilles d'œufs (Source?: © EGGXPERT).*

## Performances des revêtements?: une alternative biosourcée prometteuse

Dans le cadre du projet COOCK+ AddBIO, Sirris étudie l'utilisation d'additifs biosourcés en remplacement des charges fonctionnelles d'origine fossile dans les applications de revêtement. Dans le domaine de l'ingénierie des revêtements, le CaCO? est bien plus qu'un agent de charge

bon marché. Il joue en effet un rôle polyvalent, en influençant à la fois le traitement et les performances?:

#### 1. Rhéologie et aptitude au traitement

Les particules de carbonate de calcium contribuent au contrôle de la viscosité et au comportement rhéologique lors de la formulation et de l'application. En ajustant la taille des particules et la concentration, les formulateurs peuvent affiner le comportement de fluidification par cisaillement, la résistance au relâchement et le lissage pendant le séchage. L'interaction entre les particules de la charge et le liant détermine la manière dont le revêtement s'étale et se stabilise avant le durcissement.

#### 2. Renforcement des propriétés mécaniques

Le CaCO? améliore l'intégrité mécanique des revêtements grâce à une dureté accrue, une rigidité améliorée et une meilleure résistance à la déformation. La charge agit comme une phase rigide au sein de la matrice polymère, ce qui permet de redistribuer les contraintes et de limiter la propagation des fissures.

#### 3. Résistance à l'usure et durabilité

Un des rôles essentiels du CaCO? est d'améliorer la résistance à l'abrasion. Les particules en contact avec la surface supportent une partie de la force appliquée, réduisent l'usure de la matrice et modifient le comportement au frottement à la surface. L'efficacité dépend fortement de la taille des particules, de leur dispersion et de l'adhérence interfaciale.

#### 4. Finition de surface et propriétés optiques

Le CaCO? influence fortement l'aspect esthétique de la surface, notamment sa brillance et sa matité, son poli, la diffusion de la lumière et son opacité. Les particules fines améliorent généralement le poli et la brillance, tandis que les particules plus grossières contribuent à donner un aspect mat.

#### 5. Propriétés barrières et interaction avec l'humidité

Les charges influencent l'absorption d'eau, la perméabilité et la mouillabilité en rendant les voies de diffusion plus tortueuses, en modifiant l'énergie de surface et l'angle de contact et en agissant sur la porosité et la microstructure. Ces propriétés sont essentielles pour les revêtements de protection appliqués sur le bois, le métal et les matériaux de construction.

## Une étude comparative confirme le potentiel des coquilles d'œuf comme matière première de remplacement

En collaboration avec EGGXPERT, Sirris a mené une étude comparative sur le potentiel unique des particules de CaCO3 régénérées dans un revêtement modèle appliqué sur des substrats en bois. Afin d'évaluer son applicabilité dans la pratique, le CaCO? issu de coquilles d'œufs (20?µm) a été testé dans un revêtement époxy biosourcé. Dans le cadre d'une approche de formulation, des concentrations de charge de 2 à 10?% en poids ont été incorporées et comparées au carbonate de calcium naturel (GCC) conventionnel (voir **Figure?2**). Quelques points clés à souligner?:

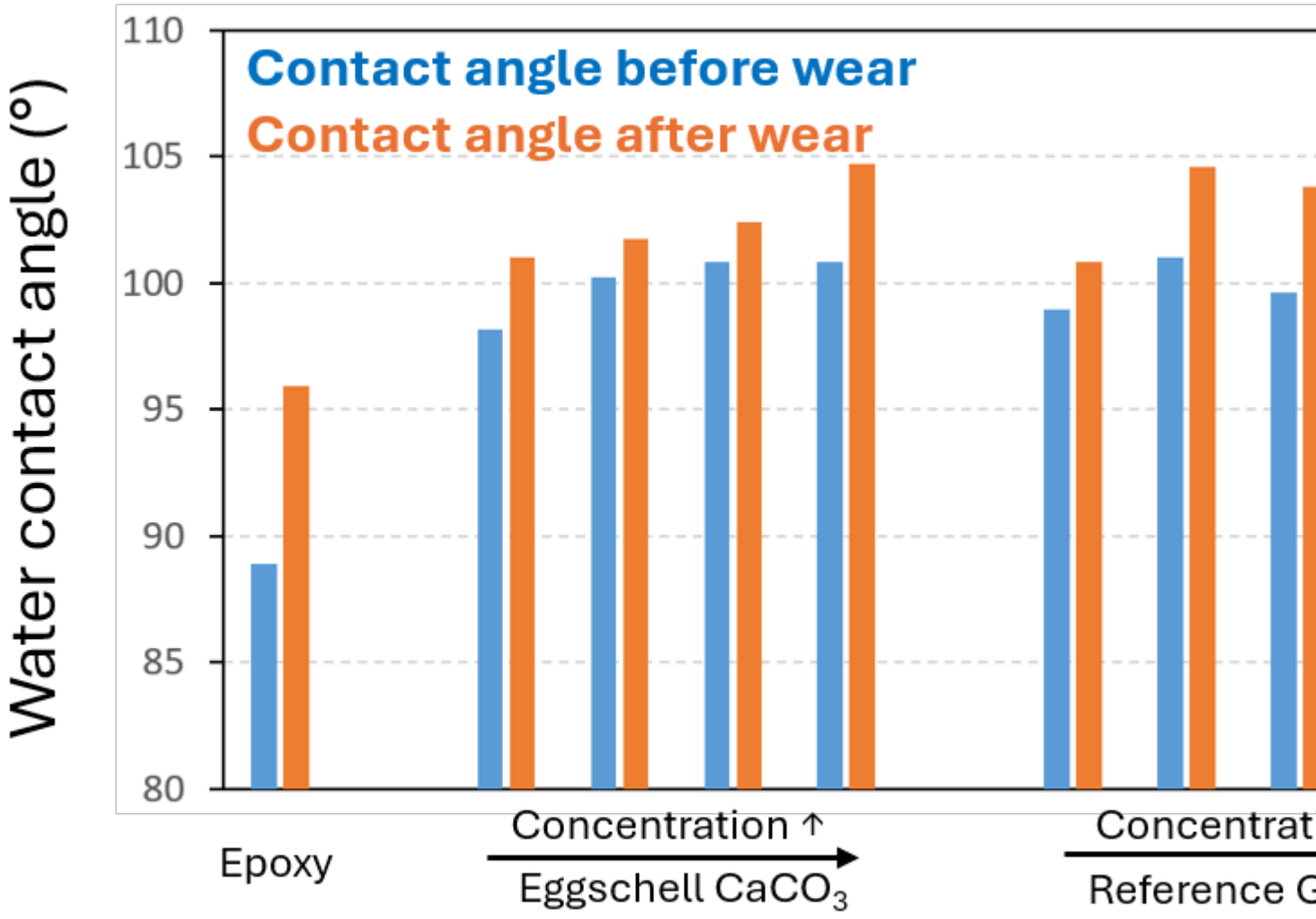
- La morphologie irrégulière des particules se traduit par **une viscosité plus faible et une meilleure dispersion**, avec une tendance réduite à l'agglomération à des concentrations de charge plus élevées et une répartition plus homogène dans la matrice. Des conditions de traitement stables peuvent ainsi être obtenues, tout en favorisant une plus grande incorporation de la charge, ce qui augmente la teneur en matières biosourcées sans compromettre l'intégrité du revêtement.

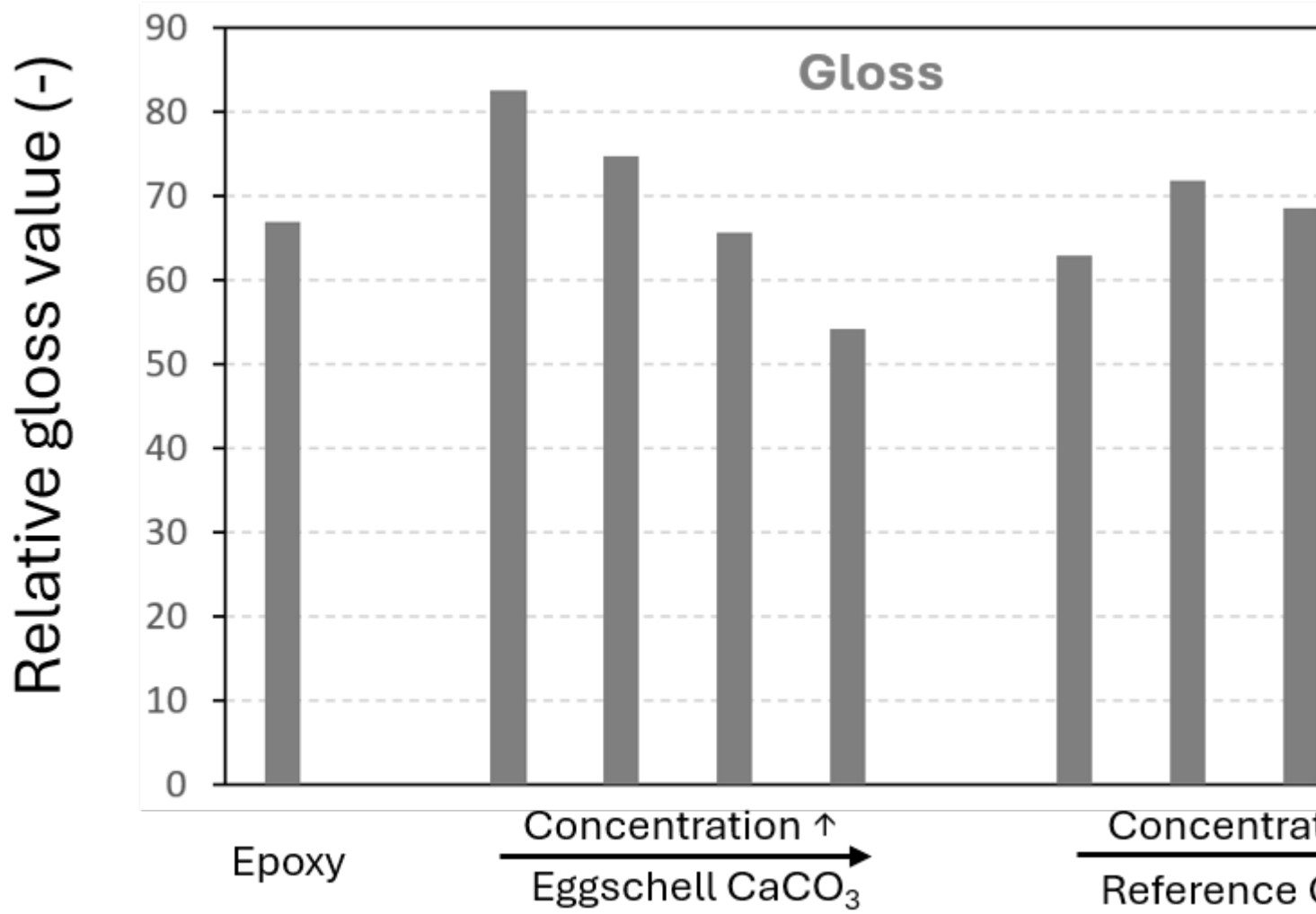
- Les mesures de la microdureté montrent que le CaCO? issu de coquilles d'œufs présente des **valeurs de dureté comparables** à celles du CaCO? conventionnel. Les tendances de dureté dépendent principalement de la taille des particules plutôt que de leur origine, ce qui confirme que les charges à base de coquilles d'œufs peuvent remplacer les charges traditionnelles sans nuire aux performances structurelles et mécaniques.

- La résistance à l'usure est une propriété particulièrement importante des charges à base de CaCO?. Une **résistance à l'abrasion égale ou supérieure** et une perte de matière moindre par rapport au GCC ont été observées, surtout aux concentrations de charge plus élevées. L'analyse microscopique a révélé des traces d'usure plus étroites et moins profondes, ainsi que moins de microfissures et des schémas d'abrasion uniformes. Ces observations indiquent une meilleure répartition des contraintes, une meilleure dissipation de l'énergie et une plus grande interaction entre la charge et la matrice, ce qui semble indiquer que le renforcement lié à la morphologie joue un rôle clé dans l'allongement de la durée de vie du revêtement.

- Les mesures de l'angle de contact avec l'eau montrent que **l'hydrophobicité est conservée avant et après l'usure**, avec une **mouillabilité** légèrement plus neutre pour le CaCO? issu de coquilles d'œufs.  Ce point est important, car une hydrophobicité extrême peut nuire à l'adhérence, tandis qu'une mouillabilité équilibrée améliore l'interaction entre le revêtement et le substrat. Le CaCO? issu de coquilles d'œufs pourrait donc offrir un meilleur compromis entre résistance à l'eau et adhérence.

- Les propriétés optiques ont indiqué un **degré de brillance supérieur** du CaCO3 issu de coquilles d'œufs à une **faible concentration de charge**, ainsi qu'un meilleur lissage de la surface. Ce comportement est lié à la bonne dispersion, aux effets associés à la taille des particules et au poli de la surface après le durcissement. Pour les revêtements dont l'aspect esthétique est important, ces propriétés optiques constituent un atout de conception supplémentaire.


Water contact angle (°)
110
105
100
95
90
85
80
Contact angle before wear
Contact angle after wear
Epoxy
Concentration ↑
Eggschell CaCO3
Concentrat
Reference G


Relative gloss value (-)
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
Gloss
Epoxy
Concentration ↑
Eggschell CaCO3
Concentrat
Reference

***Figure?2.*** *Résultats de l'étude comparative des propriétés intrinsèques de revêtements époxy biosourcés contenant différentes concentrations de CaCO3 issu de coquilles d'œufs et de carbonate de calcium naturel (GCC) de référence?; taille des particules?: 20?µm. © SIRRIS*

## Un potentiel d'application au-delà des revêtements

Les revêtements illustrent parfaitement le potentiel des coquilles d'œufs. Cependant, le CaCO? issu de coquilles d'œufs peut être utilisé dans de nombreux secteurs?: **polymères et composites** (y compris les filaments d'impression?3D), **matériaux de construction** (mélanges de ciment, carreaux), **produits de consommation et emballages**. Dans tous les cas, les fonctions de la charge restent identiques?: renforcement, réduction des coûts et optimisation des propriétés – l'origine circulaire en plus?!

«?La nature a déjà conçu pour nous une structure exceptionnelle de carbonate de calcium. Chez EGGXPERT, notre rôle consiste à rendre ce potentiel exploitable pour différents secteurs d'activité. Nous apprécions énormément le soutien apporté par Sirris et le projet AddBIO, qui permet de réaliser des essais indépendants et de valider scientifiquement notre produit unique destiné aux applications de revêtement. Leur expertise contribue à combler le fossé entre les matériaux circulaires innovants et leur adoption par l'industrie?», déclare Rong Wang, fondateur et CEO d'EGGXPERT.

## Avancez avec nous vers l'adoption des revêtements circulaires

Si les essais sur les charges fonctionnelles issues de flux de déchets de biomasse vous intéressent, le projet COOCK+ AddBIO vous donne accès à des installations d'essai de revêtements et met à votre disposition des données d'essais comparatifs de matériaux de référence. Sirris soutient les entreprises dans la valorisation des résidus de biomasse et contribue à mettre en relation les différents intervenants de l'ensemble de la chaîne de valorisation, depuis les fournisseurs de biomasse jusqu'aux transformateurs, en passant par les formulateurs de revêtements, les applicateurs et les utilisateurs finaux.

### Découvrez les possibilités des additifs biosourcés pour les revêtements

Vous souhaitez en savoir plus sur le projet AddBIO et la transformation des additifs biosourcés pour des revêtements haute performance ? Découvrez comment le projet accompagne les entreprises grâce à des connaissances pratiques, des outils et une collaboration tout au long de la chaîne de valeur.

En savoir plus sur AddBIO  Contactez notre expert

## Partners

## Auteurs



Pieter Samyn