

QUEL AVENIR POUR LES CONTRÔLES DES GRANULATS RECYCLÉS EN WALLONIE ?

WELKE TOEKOMST VOOR CONTROLES OP GERECYCLEDE MATERIALEN IN WALLONIË ?

JACQUES DETRY

CSTC (anciennement CRR) – WTCB (voorheen OCW)

Résumé

L'utilisation des granulats recyclés dans les couches de sous-fondation et de fondation exige une qualité durable des matériaux mis en place. Pour cela, il faut définir les propriétés et les critères nécessaires pour les différentes utilisations afin de garantir leur fonction dans le temps.

Le coût des analyses et des contrôles, en surnombre par rapport aux matériaux naturels risquent de faire augmenter les prix traditionnellement inférieurs des granulats recyclés.

Une recherche sur les propriétés fondamentales des comportements granulaires doit permettre une définition plus rationnelle des analyses, sans grever le prix des matériaux recyclés, au risque de voir un désintéressement du recyclage pour des raisons purement économiques, ce qui serait une catastrophe du point de vue écologique.

Samenvatting

Om in onderfunderingen en funderingen te kunnen worden verwerkt, moeten gerecyclede aggregaten een duurzame kwaliteit bezitten. Daarom moeten de eigenschappen en criteria worden vastgelegd die bij de verschillende toepassingen nodig zijn om functioneel te blijven.

De kosten voor de extra analyses en controles die bij gerecyclede – in vergelijking met klassieke – aggregaten vereist zijn, dreigen de traditioneel lagere prijzen ervan in de hoogte te jagen.

Een onderzoek naar de fundamentele gedragseigenschappen als korrelvormig materiaal moet het mogelijk maken de behoefte aan analyses rationeler te bepalen, zonder al te zwaar op de prijs te wegen. Zo niet dreigt de belangstelling voor recycling om louter economische redenen weg te vallen, wat uit ecologisch oogpunt een ramp zou zijn.

1. Introduction

L'utilisation de granulats recyclés dans la construction routière est actuellement concentrée dans les couches de base de la structure : sous-fondations et fondations.

Le recyclage de fraisât d'asphalte est également une pratique courante et prometteuse, mais cet aspect ne sera pas abordé dans cet article.

Dans les couches d'empierrement dont les exigences des granulats sont les moins importantes, les granulats recyclés ont trouvé une place de choix. Les statistiques indiquent qu'actuellement plus de la moitié des granulats mis en place pour ces applications d'empierrement, sont issus du recyclage.

La qualité de ces matériaux doit être garantie, à long terme, pour assurer une durée de vie satisfaisante des voiries.

2. Durabilité, critères de qualité

2.1 Nécessité de définir des caractéristiques des matériaux

La structure d'une route est habituellement prévue pour une vingtaine d'année. Il faut dès lors être sûr de la qualité des matériaux mis en œuvre afin de garantir la durée de vie des infrastructures. Cette notion durable est encore plus critique pour les couches inférieures pour lesquelles, même après 20 ans d'utilisation, l'intention n'est pas de remplacer les remblais, sous-fondations et fondations. Il se peut qu'un renforcement de la fondation soit nécessaire pour des raisons d'augmentation du trafic routier et pour cela l'application d'une couche supplémentaire est envisagée. Mais il est très rare de remplacer les couches de base. Leur durée dans le temps dépasse donc largement plusieurs décennies.

Pour garantir le côté durable de ces couches granulaires, il faut que ces matériaux aient des caractéristiques spécifiques satisfaisantes et qu'ils répondent à certains critères de qualité.

La problématique réside dans la définition des caractéristiques qui influencent la durabilité de la qualité des matériaux granulaires. Suivant les différentes utilisations dans la structure de la voirie, les critères doivent être plus ou moins sévères. La définition des critères pertinents en fonction de l'utilisation est une question qui se pose régulièrement lorsqu'on aborde des matériaux issus du recyclage.

2.2 Base expérimentale

Sur base de l'expérience, certains matériaux ont été sélectionnés pour « convenir » pour les fondations ou sous-fondations. De même, l'expérience de nos aînés a également permis d'éviter l'utilisation de certains matériaux qui ont montré de piètres qualités durables.

C'est cette expérience, basée sur les observations de longue durée des comportements des matériaux en place, mis en œuvre dans les voiries, qui est à la base de certaines propriétés ou caractéristiques pertinentes pour les empièvements. Pour permettre la comparaison entre ces caractéristiques, les techniques de leurs mesures ont été précisées et ces principes sont à l'origine des essais normalisés de caractérisation des matériaux. Les essais se réfèrent aux techniques de l'époque de ces analyses comparatives et datent de plus d'un demi-siècle.

Il faut reconnaître qu'il y a eu très peu d'évolution dans ce domaine depuis lors et que les essais de référence sont toujours pratiqués suivant les mêmes principes. Bien sûr, certaines tentatives de corrélation avec de nouvelles techniques ont été élaborées mais il n'y a pas eu de révolution par rapport aux essais initiaux.

2.3 Essais mécaniques inadéquats

Les essais de portance sont basés sur l'essai CBR (Californian Bearing Ratio) et sur le modèle de compactage provenant des énergies Proctor.

L'intention n'est absolument pas ici de « ranger au placard » cette manière de travailler car elle représente la base de référence indispensable. Néanmoins, on peut se poser des questions sur la relation entre le comportement des matériaux dans les sollicitations prévues dans l'essai CBR, d'une part et celles réellement présentes dans la structure de la voirie d'autre part.

Pour l'essai CBR, on procède à l'enfoncement du poinçon, avec une amplitude de 2.5 mm ou de 5 mm, dans un moule de faibles dimensions.

Pour une sollicitation réelle de structure routière (le passage d'un véhicule), on s'attend à des déformations nettement plus faibles. Le cumul des sollicitations, en cas de fatigue des matériaux, peut engendrer après un nombre élevé de passages des déplacements de l'ordre de grandeur de ceux prévus par l'essai CBR, mais à ces amplitudes de déformation, la dégradation du revêtement sera déjà excessive.

Il serait nettement plus judicieux de connaître le comportement des matériaux granulaires dans la gamme de déformations proche des sollicitations réelles, mais cela pose évidemment une complexité importante dans le domaine des mesures et des sensibilités des capteurs. Il est évident qu'à l'époque, il n'était pas envisageable de s'approcher des contraintes réelles et qu'il fallait amplifier les phénomènes pour les rendre mesurables.

Les moyens techniques pour mesurer les petites déformations sont maintenant disponibles et permettront de définir d'autres propriétés avec des critères probablement plus pertinents.

3. Comportement des matériaux granulaires

3.1 Comportement en place

L'analyse comportementale des couches granulaires de voirie n'est pas aisée.

3.1.1 Hétérogénéité des matériaux en place

La première difficulté provient de l'hétérogénéité des matériaux, dont le comportement peut être influencé par différents facteurs.

Le matériau est hétérogène par sa nature granulaire, avec une distribution variable des différentes fractions. Déjà à la fourniture du matériau, la distribution granulométrique n'est pas constante et les effets de la mise en place modifient encore cette distribution statistique.

Les matériaux doivent être compactés et ce travail de compactage peut lui aussi amener une hétérogénéité dans le comportement du matériau. L'efficacité du compactage va dépendre du nombre de passages de l'engin mais aussi de la manière dont se déforme la couche support qui doit servir d'effet enclume lors du passage du compacteur.

L'anisotropie a forcément un effet important sur le comportement du matériau car l'effet de confinement dépend directement des caractéristiques horizontales de l'empierrement.

L'état hydrique du matériau est aussi un paramètre qui influence le comportement du matériau lors du compactage.

L'ensemble de ces paramètres, dont la liste n'est pas exhaustive, et qui dépendent des caractéristiques des matériaux, a une influence sur le comportement global de la couche en place. La variation des caractéristiques du comportement des matériaux en place est capitale pour la définition des paramètres du dimensionnement de la voirie.

On peut être surpris par les valeurs proposées par la bibliothèque de données d'un outil de dimensionnement comme DIMET par exemple, où les modules ne sont pas différents s'il s'agit de matériaux naturels ou recyclés, et où les paramètres ne dépendent ni de l'origine, ni des propriétés mécaniques des matériaux granulaires. Il faut reconnaître que la base de données de ces valeurs est assez maigre pour les empierrements.

3.1.2 Mesures in situ

La deuxième difficulté de l'analyse du comportement en place provient de l'instrumentation. Il est en effet assez difficile de mesurer les déformations des couches en place pour diverses raisons techniques.

La gamme des mesures de déformations est assez réduite car pour détecter une évolution des propriétés d'un matériau soumis à une série de cycles de charge, il faut une sensibilité élevée des capteurs. Particulièrement, dans le cadre d'une analyse de fatigue, où le nombre de charges est très élevé, les amplitudes des déformations individuelles sont minimales et l'analyse

de leur évolution demande une capacité de mesure dans la gamme des très petites déformations (de l'ordre d'une dizaine de microstrain).

La mise en place de ce genre d'instrumentation, en général excessivement délicate, ne se fait pas dans le contexte habituel de chantier. Il est indispensable de prendre des précautions pour l'installation des capteurs de mesure, ce qui a pour conséquence de ne pas reproduire les conditions de mise en place habituelles des couches granulaires. Il est difficile de reproduire le compactage courant par des moyens différents, en général nettement plus légers que les compacteurs traditionnels. Néanmoins, des mesures de précautions des équipements d'instrumentation doivent être suivies pour permettre le bon fonctionnement de l'instrumentation.

L'ensemble des difficultés décrites mène à une préférence pour une analyse plus fondamentale des comportements granulaires en laboratoire.

3.2. Comportement des matériaux granulaires en laboratoire

L'analyse du comportement en laboratoire permet de paramétrer les différentes influences. Il est en effet beaucoup plus facile de modéliser certaines conditions de mise en œuvre sur un petit échantillon. Comparer les résultats en faisant varier certains paramètres permet une analyse comportementale de certaines caractéristiques.

Bien entendu, il est illusoire de penser que les conditions de fabrication des éprouvettes en laboratoire puissent être semblables aux conditions de mise en œuvre des matériaux granulaires compactés sur un chantier. Mais l'objectif des essais en laboratoire est d'analyser les tendances et les différentes influences. Pour cela, il est capital de reproduire les conditions de fabrication des éprouvettes en garantissant par exemple une distribution des fractions granulométriques.

Dans cet ordre d'idée, l'essai triaxial répété (essai triaxial cyclique) est un outil qui doit permettre de mieux représenter le comportement du matériau sous les sollicitations répétées, comme celles des sollicitations routières. Bien sûr, la sollicitation verticale ne correspond pas du tout au phénomène de sollicitation réelle dans une couche granulaire car l'inclinaison des contraintes principales n'est pas reproduite, mais cela donne une idée de la fatigue du matériau sous un nombre important de sollicitations. Le confinement, lié au problème de l'anisotropie établie par le mode de compactage a une influence capitale sur les performances des matériaux et là aussi, l'utilisation d'une valeur constante de confinement s'écarte fort du phénomène supposé du matériau granulaire en place. Néanmoins, il permet de simuler un comportement théorique. L'utilisation d'un confinement variable (confinement cyclique en phase avec la sollicitation axiale) est une utopie et s'écarte probablement plus encore du phénomène en place qu'un « *simple* » confinement constant.

A défaut de pouvoir instrumenter en place les couches d'empierrement, l'essai triaxial cyclique apporte quelques lumières sur le comportement de certains matériaux et permet une comparaison des matériaux recyclés avec les matériaux naturels. Il faut reconnaître que les expérimentations n'en sont qu'à leurs balbutiements et qu'on est encore loin de pouvoir tirer des conclusions sur les caractéristiques des matériaux non naturels et encore moins sur leur comportement réel dans une couche granulaire compactée en place. L'essai triaxial répété n'est donc pas l'outil qui permettra de définir les paramètres nécessaires au dimensionnement des chaussées avec des matériaux recyclés.

4. Propriétés mécaniques

Certains critères pour les propriétés mécaniques, telles que la résistance à la fragmentation et la résistance à l'usure ou d'attrition, ont été établis pour des matériaux naturels

Classiquement, les essais du type Los Angeles ou Micro-Deval sous eau permettent de classer les matériaux pour des utilisations de sous-fondation et de fondation.

On peut comprendre que ces essais soient assez représentatifs de la qualité d'une roche pour des matériaux naturels, extraits de carrières. La géologie permet de définir des veines de roche au comportement mécanique constant.

La fréquence des essais sur les granulats naturels n'est pas très élevée quand il s'agit de l'extraction d'une roche de même origine géologique. L'essai est réalisé sur une fraction 10/14 mm. mais est valable pour toutes les fractions granulaires qui sont produites depuis cette roche.

Que penser d'un tel critère pour des matériaux recyclés ?

La première question est la dispersion des résultats d'essais sur des recyclés d'après leur composition. Les granulats de recyclés de maçonnerie auront probablement des résultats moins performants que les recyclés de béton. Et les résultats des recyclés mixtes (mélanges de béton et de maçonnerie) seront assez variables.

Quand les sources de ces matériaux sont variables, comme dans un centre de traitement ouvert, obligé d'accepter toutes les origines des granulats inertes, on peut s'attendre à une hétérogénéité très importante dans les résultats des essais mécaniques.

Ne faudrait-il pas augmenter la fréquence des essais mécaniques par rapport aux granulats naturels ? Ces essais ont un coût et l'influence des essais sur le prix de production des granulats recyclés peut être importante.

La deuxième question est la pertinence de ces propriétés mécaniques sur le comportement du matériau pendant sa mise en œuvre et lors du compactage mais également sur son comportement pendant sa durée de vie dans la voirie.

Si certains critères peuvent être adéquats pour des matériaux naturels, basés sur une observation et sur l'expérience de nos aînés, il n'est pas certain que ces mêmes critères soient d'application pour des matériaux issus du recyclage. Il faut peut-être adapter ces critères suivant la nature ou l'origine des matériaux.

Bien sûr, il est difficile de faire admettre à un producteur de granulats naturels que les critères d'acceptation soient moins sévère sous prétexte qu'il s'agit de recyclés et qu'il faut favoriser leur valorisation. Les critères doivent donc être établis sur base d'une analyse technique de durabilité (à long terme). C'est peut-être l'occasion de déterminer la pertinence de certaines propriétés et de réévaluer le critère aussi pour les matériaux naturels dont les origines sont également très différentes, on peut concevoir que le grès et le porphyre n'aient pas un comportement similaire au calcaire tendre. Par contre la dureté de la roche n'est peut-être pas une propriété favorable pour un comportement durable. Une roche tendre peut avoir un meilleur comportement durable.

5. Propriétés spécifiques

Les propriétés qui étaient pertinentes pour l'utilisation en couche d'empierrement ont été définies pour des granulats naturels et les critères ont été établis sur base de l'expérience. Certaines autres propriétés n'ont pas été retenues comme critère de sélection parce qu'elles n'avaient pas d'influence pour les applications, suivant la nature de la roche ou l'origine naturelle des empierresments. Pour des matériaux issus du recyclage, qui peuvent avoir été « pollués » par la présence d'autres matériaux, indésirables pour un empierrement, il faut prévoir d'autres contrôles de nature chimique ou de stabilité volumique.

Il semble évident que les matériaux naturels ne doivent pas subir de contrôle pour des caractéristiques influencées par le risque d'hétérogénéité lié à l'activité de recyclage.

A titre d'exemple, on peut pointer la définition d'un critère relativement peu sévère de résistance à l'usure (Micro Deval) pour les sous-fondation de réseaux de type IIb et III. En effet, dans le cadre de la favorisation de l'utilisation de granulats recyclés, il a été jugé opportun de permettre l'utilisation des recyclés mixtes pour des voiries à trafic relativement limité. Pour cette raison, lors de la révision du cahier des charges-type, le critère a été défini pour ne pas exclure d'office les recyclés mixtes. Par contre, pour le réseau autoroutier, où ce trafic est plus important, on a voulu limiter ce risque en appliquant un critère plus strict.

Il faudra donc des critères spécifiques pour des matériaux issus du recyclage et qui ne seront d'application que pour les utilisations où le risque est présent.

Pour une application en empierrement stabilisé au liant hydraulique, les teneurs en soufre, et les sulfates solubles dans l'eau sont un exemple de contrôle supplémentaire pour les recyclés.

Il ne s'agit pas d'un critère supplémentaire car on considère que les matériaux naturels répondront d'office au critère. Par contre, pour les recyclés, les essais devront être réalisés, et ce, avec les frais que cela engendre.

6. Implication financière du contrôle des recyclés

Les granulats recyclés sont en concurrence avec des matériaux naturels à un niveau de valorisation qui n'est pas très élevé. Le coût d'un traitement des granulats recyclés de qualité ne permet pas de marges importantes et le prix de vente de ces granulats dépend du coût du traitement et du coût de l'élimination des matériaux inacceptables (plastiques, bois et autres non inertes)

Le niveau de valorisation influe directement sur le traitement. Les granulats recyclés de maçonnerie, par exemple, ne peuvent pas être utilisés en sous-fondation, du moins en Wallonie. Comme leur valeur en tant que recyclés de maçonnerie ne permet absolument pas de rivaliser avec les autres matériaux de remblais (terre améliorée par traitement de sol ou non), ces recyclés de maçonnerie sont « dilués » dans les recyclés de béton pour en former des granulats mixtes, qui eux peuvent être utilisés en sous-fondation.

Si le principe est louable, on peut néanmoins s'interroger sur le bien fondé de cette pratique. Les granulats recyclés de béton ont démontré des qualités très appréciables, avec des « portances » supérieures aux granulats naturels dans des conditions similaires. On attribue ces propriétés aux résidus de ciment non hydratés qui reforment une « prise hydraulique ». Ce phénomène, observable sur chantier peut être reproduit et démontré en laboratoire. Il est dès lors malheureux de se priver de ces matériaux performants dans le but d'éliminer une autre source de recyclés qu'il est difficile de valoriser. Il semble que dans cette situation, la volonté politique de favoriser le recyclage soit un peu détournée et que le principe de dilution soit une manière simpliste d'élimination de certains matériaux aux piètres qualités. Il y a certainement d'autres traitements plus adéquats qui permettraient une meilleure valorisation globale. Cette pratique démontre que, comme pour toute autre activité, les principes économiques guident les choix des traitements et leurs coûts sont en relation directe avec les prix de vente.

Le risque de grever les prix de ces matériaux par une augmentation du nombre des essais de contrôle est important.

Bien qu'il y ait une volonté d'augmentation de la qualité des matériaux à fournir pour les travaux routiers publics, il faut veiller à rendre acceptable le poids du contrôle dans le prix du matériau. Cependant, l'augmentation de la qualité ne se traduit par des critères plus sévères mais par un

contrôle qui se veut plus régulier. A cet effet, la révision du cahier des charges précise quelles sont les propriétés à contrôler pour chacune des utilisations et définit les critères à respecter.

On peut aisément imaginer une situation où le coût du contrôle, et des conséquences économiques du refus de certains lots de recyclés, impose un prix de granulats recyclés supérieur au prix des granulats naturels. Il se poserait alors un dilemme quant à l'aspect écologique de la non utilisation des recyclés pour une raison purement économique. On peut rêver alors un surcroît de volonté gouvernementale qui, malgré un coût supérieur favorise néanmoins l'utilisation des granulats recyclés de bonne qualité. Cette situation pourrait se faire au moyen de subsides, avec une définition de certains quotas de production dans les différents centres établis, à la manière de la politique agricole.

Bien entendu, à l'heure actuelle, on est loin de cette situation. Les granulats recyclés sont moins chers et ils deviennent les matériaux favorisés par leur poids économiques. Néanmoins, on peut se poser la question du bénéfice de la collectivité vis-à-vis de ces prix intéressants. En effet, il n'est pas rare que les prix de soumission se basent sur les matériaux naturels et que les matériaux recyclés soient proposés lors de l'exécution. Dans ce cas de figure, tout le bénéfice économique revient à l'entrepreneur, sans aucune compensation financière pour le risque d'hétérogénéité intrinsèque des matériaux recyclés.

On peut se poser les questions de l'incitant qui pourrait pousser un fonctionnaire dirigeant à accepter de remplacer un matériau naturel, sans aucun risque spécifique, par un autre matériau, qui peut avoir des qualités durables inférieures, par le fait qu'il provienne d'une activité de recyclage qui ne peut garantir une qualité constante. Actuellement, le matériau recyclé est techniquement sur un pied d'égalité avec le matériau naturel, pour autant qu'ils répondent tous les deux aux critères définis.

Il y a déjà eu certains cas malheureux où les critères n'étaient pas respectés et où le défaut de qualité a démontré un manque de durabilité, ce qui crée certains précédents dans les choix que devront faire les fonctionnaires dirigeants.

7. Conclusion

L'utilisation des granulats recyclés en construction routière est prometteuse. La volonté de contrôler la qualité durable des matériaux mis en œuvre sur les chantiers public pose deux questions.

La définition des caractéristiques des matériaux en fonction de leur utilisation était relativement bien adaptée aux matériaux naturels mais rien ne prouve aujourd'hui que ces caractéristiques soient pertinentes pour les matériaux issus du recyclage. De même, les critères établis risquent de ne pas être adaptés aux matériaux recyclés. Un effort de recherche est nécessaire pour définir de nouvelles propriétés et de nouveaux critères. Des outils performants permettant de

quantifier certains comportements granulaires sont actuellement développés mais la trop faible disponibilité des résultats ne permet pas d'en tirer la moindre conclusion.

Le coût des analyses et des contrôles sur les matériaux recyclés risque d'être plus important que celui des matériaux naturels avec la conséquence d'un rééquilibrage de prix entre les matériaux recyclés et naturels. Des incitants sont dès lors nécessaires pour favoriser le choix de matériaux recyclés, qui, par ailleurs, présentent un risque d'hétérogénéité plus important, avec un potentiel de réduction de la qualité.

Pour garantir un bel avenir aux recyclés, la seule solution est de monter le niveau de qualité de ces matériaux, par l'utilisation des techniques les plus performantes de tri et de regroupement. Les exigences doivent être satisfaisantes pour éviter l'utilisation de matériaux inadaptés qui risquent de faire la contre publicité des matériaux recyclés.

Une recherche sur les propriétés fondamentales des comportements granulaires doit permettre une définition plus rationnelle des analyses, sans grever le prix des matériaux recyclés, au risque de voir un désintéressement du recyclage pour des raisons purement économiques, ce qui serait une catastrophe du point de vue écologique.