Zeitschrift: Bulletin du ciment

Herausgeber: Service de Recherches et Conseils Techniques de l'Industrie Suisse du Ciment (TFB AG)

Band: 62 (1994)

Heft: 3

Artikel: Recyclage à froid

Autor: Hermann, Kurt / Egmond, Bram van

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-146342

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Recyclage à froid

Les machines de recyclage modernes permettent d'exécuter des stabilisations avec mélange en place de manière écologique, sûre, rapide et avantageuse.

«La stabilisation est l'opération qui consiste à traiter des sols, granulats minéraux et d'autres matériaux appropriés physiquement et/ou chimiquement de manière à atteindre et à maintenir la résistance et la stabilité de volume exigées et à améliorer les autres caractéristiques mécaniques en fonction des charges prévues et des sollicitations hydrologiques et climatiques». Telle est la définition du terme «Stabilisation» donnée dans la norme suisse SN 640 500 a [1]. La stabilisation au ciment a été traitée de façon détaillée dans le précédent numéro du «Bulletin du ciment» [2].

Le recyclage à froid date de plusieurs années

Les stabilisations au ciment peuvent être exécutées aussi bien avec mélange en place qu'avec mélange en centrale [2]. Le mélange en place primitif est nettement préférable au point de vue écologique. Mais des considérations techniques font que l'on utilise surtout le mélange en centrale, car il permet d'obtenir des couches stabilisées beaucoup plus homogènes.

Il n'est donc pas étonnant qu'avant la Seconde Guerre mondiale déjà, on ait cherché à rendre le mélange en place plus performant. Vers la fin des années 50, on a vu apparaître aux USA et en Allemagne des machines parfois imposantes, à même d'exécuter plusieurs opérations en un seul passage [3]. Un exemple en est donné dans le *schéma 1*: avec le scarificateur, la machine automotrice pouvait travailler le sol jusqu'à une profondeur maximale de 22 cm. Les matériaux étaient concassés dans la caisse de mélange venant ensuite, et malaxés avec le liant épandu sur le sol et l'eau injectée, ou avec le liant liquide injecté. Au moyen de racloirs placés contre la paroi arrière de la caisse du malaxeur, les matériaux traités étaient mis en place en hauteur prévue. Ils étaient ensuite nivelés, ainsi que précompactés au moyen des poutres vibrantes intégrées. La largeur de travail était de 2,00 à 2,50 m.

Ces machines n'ont pas pu s'imposer en Suisse, car les matériaux en place étant principalement morainiques, ils endommageaient les malaxeurs. On trouve aujourd'hui sur le marché des machines plus robustes et d'un rendement plus élevé. Les dents de leur fraiseuse sont maintenant beaucoup plus résistantes, et atteignent en outre des profondeurs allant jusqu'à 40 cm.

Graphique: ZSD, S. Einfalt

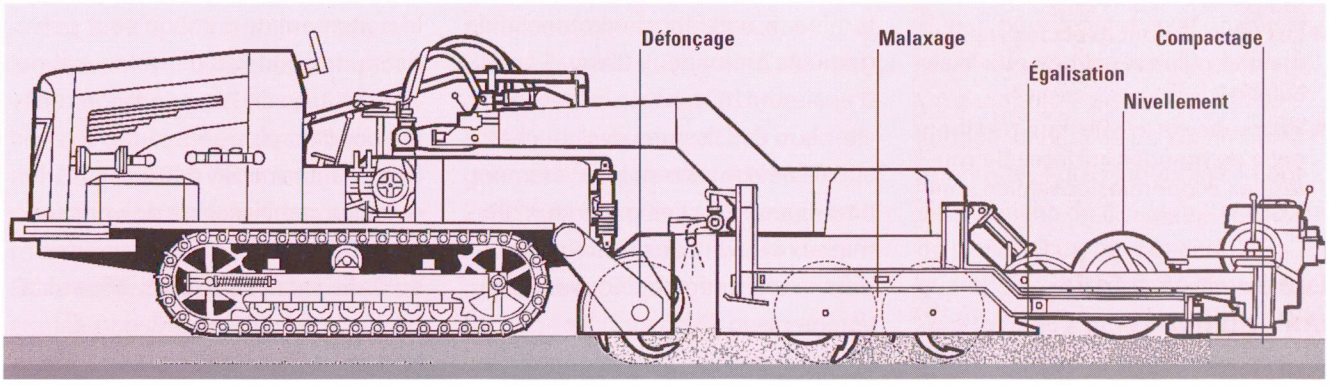
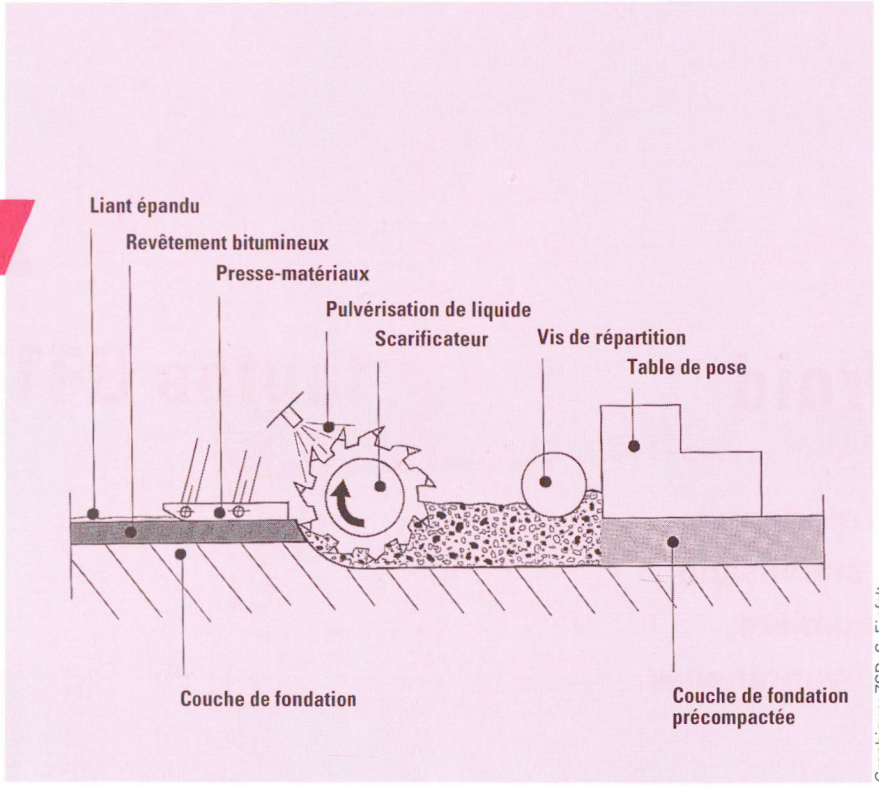


Schéma 1. Machine de recyclage automotrice d'environ 1960, qui pouvait exécuter le défonçage, le malaxage, l'égalisation, le nivellement et le compactage.
(Source: prospectus de l'entreprise Joseph Vögele AG, Mannheim)



Graphique: ZSD, S. Einfalt

Schéma 2.
Principe de fonctionnement d'une machine moderne pour le recyclage à froid.
(Source: Wirtgen AG, Küssnacht am Rigi)

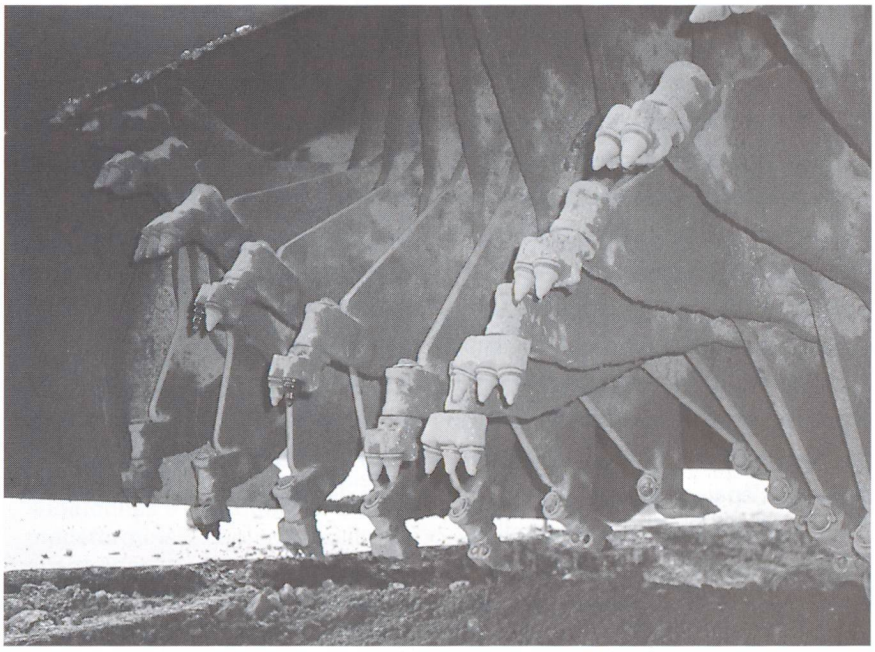
Grâce à ces nouvelles machines, le mélange en place est redevenu intéressant, tant au point de vue économique qu'écologique. Ces machines se prêtent aussi bien aux stabilisations à la chaux ou au ciment qu'aux stabilisations aux émulsions bitumineuses, ou à celles combinant émulsion bitumineuse et ciment.
Le recyclage à froid – également connu en Allemagne et en Autriche sous le nom de recyclage par fraisage – offre de nombreux avantages, dont voici les principaux:

- Les matériaux en place de la couche de fondation et de la couche de roulement sont intégralement utilisables pour la réfection d'une route, ce qui permet d'économiser de précieuses matières premières, telles que la grave.
- Les transports de matériaux de construction routière, qui polluent l'environnement, sont partiellement ou totalement supprimés.
- Pas besoin de décharge.
- Les travaux sont exécutés rapidement et n'entravent que peu la circulation.
- Par rapport à la réfection traditionnelle de grandes surfaces de routes, les économies possibles sont considérables.

Le recyclage à froid aujourd'hui

Pour le recyclage à froid avec du ciment, les considérations quant à la teneur en eau et en liant sont les mêmes que pour le simple mélange en place ou en centrale. Comme déjà mentionné, ces considérations figurent dans le précédent numéro du «Bulletin du ciment» [2]. Les machines de recyclage modernes sont à même d'observer les dosages en eau fixés. Comme par le passé, le ciment est réparti sur le sol avant que les machines n'accomplissent leur travail.
Les profondeurs atteintes étant de 30 à 40 cm, ces machines permettent de recycler à la fois un revêtement en béton bitumineux et une partie de la couche de fondation d'en-dessous. Mais il est généralement plus judicieux de fraiser les couches bitumineuses lors d'un premier passage. Les matériaux fraisés peuvent être entreposés tous ensemble, et remis en place ultérieurement entre la couche stabilisée au ciment et le nouveau revêtement bitumineux, sous forme de couche de granulés bitumineux d'env. 5 cm d'épaisseur. (On peut ainsi empêcher que des fissures des couches stabilisées traversent le revêtement bitumineux [2].) Les matériaux bitumineux peuvent aussi être utilisés pour la réalisation de nouveaux revêtements.
Avant le passage de la machine de recyclage, on peut aussi répandre, en plus du ciment, une fraction de grave déterminée. Un rotor avec outil de fraisage en acier spécial défonce le sol et le mélange avec le liant. L'eau peut être dosée directement dans la chambre de malaxage.
Après défonçage par la fraiseuse, les matériaux recyclés sortent par une ouverture se trouvant dans la lame égaliseuse, et sont déposés en tas. Une vis de répartition les étale devant la table de pose intégrée, laquelle les précompacte. Lorsque des chaussées à forte structure exigent un reprofilage, on utilise ensuite une niveleuse.
Le compactage se fait au moyen de compacteurs à roues multiples, de rouleaux à jantes lisses ou de rouleaux vibrants en tandem ou combinés, qui travaillent jusqu'à ce que les valeurs prédéterminées pour la teneur en eau et la masse volumique du sol sec soient atteintes. Pour le traitement de cure, on peut pulvériser une émulsion bitumineuse, ou arroser avec de l'eau de façon répétée pendant plusieurs jours.
Selon la norme SN 640 509 a [4], les couches stabilisées ne doivent «en règle générale» pas être ouvertes au trafic avant sept jours. Mais si la portance du sol de fondation est bonne, ce délai est de plus en plus réduit à trois jours, et l'on aurait même nettement tendance à ré-

Scarificateur du Coldmixer Spécial (en haut) et rotor de la Ra-Co 250 (en bas).



Photos: Bram van Egmond

duire encore plus ces délais d'attente. Les opérations décrites ici se rapportent au recyclage à froid au moyen de la machine 2100 DC-R de la maison Wirtgen, représentée dans *le schéma 2* [5]. Un modèle de cette machine, adapté aux conditions suisses, est utilisé par les membres de «Coldmix Suisse». D'autres engins ont en outre été mis au point, qui sont construits selon les mêmes principes et permettent d'obtenir des résultats analogues.

Le recyclage à froid en Suisse – deux exemples

La route Courtepin–Cournillens.
Seule voie de communication entre les routes cantonales Fribourg–Morat et Fribourg–Avenches, cette route se trouvait en 1990 en mauvais état. De 660 m de longueur et 6 m de largeur, elle n'avait pas été conçue pour l'intense trafic de camions qu'elle doit supporter actuellement, et c'est pourquoi son revêtement présentait des déformations et dégâts importants. Il a donc fallu refaire complètement la couche de fondation et la couche de roulement [6, 7].
Sur proposition de l'entreprise Grisoni-Zaugg SA, de Bulle, on a choisi une solution permettant de notables économies, c'est-à-dire le recyclage à froid. Cette entreprise disposait à cet effet de la Ra-Co 250, mise au point par la maison Rabaud, de Saint-Soupplets (France). Cette machine pesant presque 18 t, de 8,90 m de longueur et 2,99 m de largeur, est équipée d'un rotor de 2,40 m de largeur, qui tourne dans le sens contraire de l'avance de la machine, à 180 t./min au maximum. Ce rotor est doté de 62 dents et, grâce à une construction spéciale, reste à l'horizontale si la déviation totale de la partie avant ne dépasse pas 15°. La Ra-Co 250 peut s'utiliser aussi bien pour les stabilisations au ciment que pour celles à la chaux [8]. On a d'abord fraisé la couche de surface, et déposé les matériaux à proximité. Après ameublissement de la couche de fondation sur 30 cm de profondeur, on a épandu la quantité de ciment prédéterminée. Le recyclage à froid proprement dit a été exécuté au moyen de la Ra-Co 250. On a en même temps constamment contrôlé la teneur en eau des

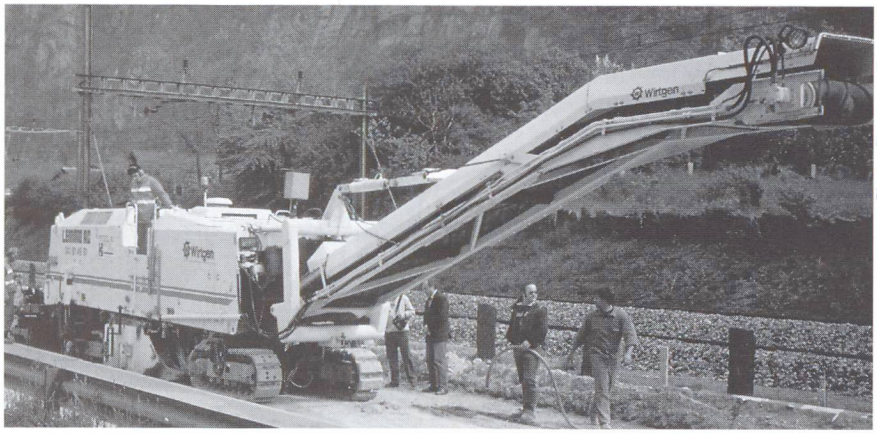


Photo: Bram van Egmond

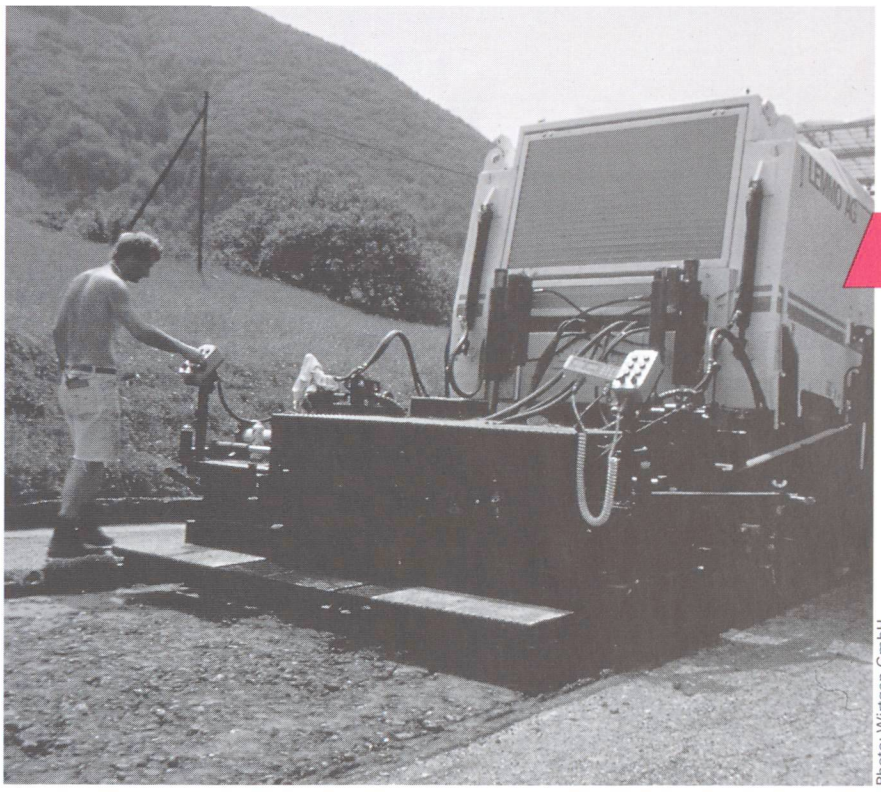
Recyclage à froid avec le Coldmixer Spécial. Si les matériaux fraisés peuvent être évacués, les camions peuvent être chargés au moyen de la bande transporteuse.

matériaux stabilisés, afin que les corrections par adjonction d'eau nécessaires puissent être faites immédiatement.
On a ensuite procédé à un précompactage au moyen d'un compacteur à roues multiples, et à un reprofilage au moyen d'une niveleuse. Pour le compactage, on a utilisé un rouleau tandem vibrant. On a ainsi obtenu une couche stabilisée au ciment d'environ 25 cm d'épaisseur, que l'on a par la suite recouverte d'une couche de 5 cm d'épaisseur composée de matériaux fraisés, ainsi que d'une couche d'enrobé à chaud (HMT) de 7 cm d'épaisseur et d'une couche de béton bitumineux de 3 cm d'épaisseur.

Cette forme d'exécution a permis d'abaisser les coûts de la réfection de plus de 40 %. On a non seulement utilisé les matériaux en place, mais également économisé une grande quantité de grave I, dont on avait initialement prévu de mettre en place une couche de 70 cm d'épaisseur. (Une couche stabilisée au ciment de 10 cm d'épaisseur remplace une couche de grave I ou II de 20 à 30 cm d'épaisseur.)
La Rickenstrasse dans la commune de St. Gallenkappel. Le tronçon à refaire de la Rickenstrasse était relié des deux côtés à des bordures. Les dégâts visibles du revêtement étaient dus à un manque de portance de la superstructure. Il est ressorti de mesures de déflexion faites au moyen d'une poutre Benkelmann, que l'épaisseur d'une consolidation bitumineuse sans enlèvement du sous-sol devait être de 12 cm (durée d'utilisation de 10 ans) ou de 16 cm (durée d'utilisation de 20 ans), et qu'il n'était pas exclu que la couche de fondation sensible au gel fasse problème.
Finalement, sur proposition de l'entreprise Oberholzer AG, de Goldingen, on a exécuté une réfection durable en recourant au recyclage à froid [9], car le calcul des coûts a révélé que ce procédé était beaucoup plus avantageux que ceux utilisés traditionnellement pour une réfection.
Pour la réfection exécutée en octobre 1993, on a utilisé un Coldmixer 2100 DC-R modifié, dont la construction et le fonctionnement ont déjà été décrits plus haut. Nous nous limiterons donc aux indications suivantes: Après le fraisage de l'ancien revêtement – dont les matériaux ont été entreposés à proximité –, on a réparti sur la superstructure existante la quantité de ciment calculée selon norme SN 640 509 a [4]. On a ensuite procédé au recyclage à froid proprement dit au moyen de la machine prévue à cet effet, ainsi qu'au compactage et au traitement de cure de la couche stabilisée.

Bibliographie

[1] Norme SN 640 500 a, «Stabilisation – Généralités», de février 1985.
[2] *van Egmond, B.* et *Hermann, K.*, «Stabilisation au ciment», Bulletin du ciment **2** [2], 3–7 (1994).
[3] *Schleicher, E.*, «Verfahren und Maschinen zur Verfestigung von Böden im Erd- und Strassenbau – Der Bau von Tragschichten», tiré à part de la revue Bau-Markt, numéros 23 et 24 (1965).
[4] Norme SN 640 509 a, «Stabilisation aux liants hydrauliques», de février 1985.
[5] «Kaltrecycling – Eine wirtschaftliche und umweltschonende Bauweise», prospectus de l'entreprise Wirtgen GmbH, Windhagen, de mars 1992.
[6] «Plus écologique, plus rapide et moins coûteuse», Journal suisse des entrepreneurs **1991** [36], 48–49.
[7] Informations fournies personnellement par *Paul Möhl*, Grisoni-Zaugg SA, Bulle.
[8] «Révolution technique, écologique et pratique», Journal suisse des entrepreneurs **1993** [40], F8.
[9] Informations fournies personnellement par *Hans Rudolf Pfister*, Oberholzer AG, Goldingen.
[10] «Stabiliseren met cement», Betoniek **7** [4], 1–5 (1986).
[11] *Hersel, O.*, «Fräsrecycling mit Zementverfestigung im Wegebau», Beton **43** [11], 602–603 (1993).
[12] *Schwarz, R.*, «Alternative Strassensanierung durch Fräsrecycling und Zementstabilisierung», Zement & Beton, **1992** [1], 46.



Fraisage du revêtement bitumineux avec le Coldmixer 2100 DC-R.

Photo: Wirtgen GmbH

Cette couche a été ouverte au trafic trois jours après le début des travaux. Elle a été recouverte ultérieurement d'une couche de 5 cm d'épaisseur composée des matériaux fraisés de l'ancien revêtement, ainsi que de 8 cm d'enrobé à chaud (HMT 22N) et de 5 cm de béton bitumineux 11N.

Recyclage à froid à l'étranger

Le recyclage à froid a été mis au point aux USA d'abord, mais il compte de plus en plus d'adeptes en Europe. Il est mis en pratique depuis longtemps déjà en Hollande, où ce sont principalement des sols sableux qui sont stabilisés au ciment [10].

En Allemagne, on s'intéresse beaucoup au recyclage à froid pour les chemins forestiers et ruraux [11], et en Autriche, on a déjà remis à neuf plus de 100 km de routes au moyen du «recyclage par fraisage». On décrit par exemple la réfection en Basse-Autriche d'une route de 600 m de longueur et de quelque 4 m de largeur, pour laquelle, en raison des dégâts existants, il ne pouvait être question de la réfection ou de la consolidation du revêtement seulement [12]. En style télégraphique, elle peut être résumée comme suit:

- couche de grave de 10 cm d'épaisseur (fraction granulométrique 0–20 mm) répartie sur le revêtement existant;
- 18–20 kg/m^2 de ciment répartis sur grave;
- route fraisée avec machine de recyclage Bomag MPH 120 sur 2,10 m de largeur et plus de 30 cm de profondeur, matériaux fraisés additionnés d'une quantité d'eau prédéterminée, déplacés, malaxés et entreposés;
- reprofilage avec niveleuse (pente transversale);
- cylindrage immédiatement par-dessus;
- traitement de cure (aspersion avec de l'eau);
- deux jours après stabilisation, passage avec rouleau 9 t faible amplitude (microfissuration induite);
- mise en place d'un revêtement bitumineux de 5 cm d'épaisseur (deux semaines après stabilisation).

Photo: Bram van Egmond

Recyclage à froid avec la Ra-Co 250. Le réservoir raccordé au moyen d'un flexible fournit l'eau pulvérisée.

Perspectives d'avenir du recyclage à froid

On peut prédire un bel avenir au recyclage à froid, à condition que l'on tienne compte des règles générales fondamentales s'appliquant aux stabilisations au ciment ou à la chaux lors de l'exécution. En dehors des avantages déjà mentionnés qu'il offre dans la construction routière, les applications suivantes laissent également bien augurer de son avenir: on peut utiliser comme matériaux des matières secondaires (matériaux mixtes de démolition, scories d'ordures), qui sont ainsi judicieusement réutilisées. Le recyclage à froid avec du ciment comme liant permet d'empêcher que les sols pollués soient érodés par lavage (observer les prescriptions cantonales!).

Et finalement, les mêmes machines peuvent servir au compactage des sols de décharge avec de la bentonite.

Bram van Egmond/ Kurt Hermann