



Informations actuelles sur les routes en béton et l'infrastructure routière | Édition août 2019

update 55

Le béton compacté : une solution durable pour les voies de circulation régionales

En mars 2019, la mise en œuvre réussie de béton compacté sur un tronçon d'essai dans le sud de l'Autriche a permis de réunir des expériences essentielles sur la technologie de mise en place. L'institut de recherche EcoRoads en a retiré d'importants résultats quant au comportement sur le long terme du matériau ainsi travaillé et les a évalués.

Le béton compacté : une solution durable pour les voies de circulation régionales

Martin Peyerl (Smart Minerals GmbH), Johannes Horvath (Lafarge Zementwerke GmbH), Ronald Schwab (Ascendum Baumaschinen Österreich GmbH) et Sebastian Spaun (Association de l'industrie autrichienne du ciment).

L'institut de recherche autrichien EcoRoads (routes en béton durables) s'est fixé pour objectif de répondre par des solutions durables et inédites aux exigences croissantes des voies de communication modernes. Il s'agit en l'occurrence de favoriser la construction de voies performantes et durables tout en réduisant les coûts et en ménageant les ressources au maximum. L'augmentation de la circulation routière, en particulier l'accroissement constant du trafic des poids lourds, et son importance majeure en tant que facteur économique posent des dé-

Une analyse de l'état du réseau autrichien des routes secondaires révèle que près d'un quart d'entre elles devront subir des réparations importantes^[2]. Afin de réduire le plus possible la fermeture de routes lors de la réfection, l'industrie du bâtiment et la branche des matériaux de construction cherchent, dans le cadre du projet développé par l'institut de recherche EcoRoads, des solutions pour développer des techniques en béton rapides et économiques, applicables dans des zones situées aussi en dehors du réseau routier principal^[3].

« La technique simple du béton compacté permet de construire des voies de circulation durables en recourant aux ressources locales et régionales. »

fis énormes à nos voies de communication en termes de capacité. Fondement de notre société et de notre vie économique, la mobilité intelligente est également une condition du bon fonctionnement des marchés. Les futures routes doivent accroître l'efficacité de fonctions centrales telles que la disponibilité (réduction des embouteillages), la sécurité du trafic et les économies de carburant, mais aussi contribuer à la protection de l'environnement et du climat. Rien que pour l'Autriche, les coûts annuels engendrés par les embouteillages sont estimés, sur la base du livre vert de l'UE, entre environ cinq et six milliards d'euros (95% liés aux pertes de temps, 4% aux surcoûts énergétiques et 1% aux coûts environnementaux)^[1].

Sur le réseau routier principal comme sur les voies de circulation très sollicitées, les revêtements en béton ont déjà prouvé leur valeur ajoutée. L'institut de recherche EcoRoads (routes en béton durables) entend dorénavant développer, avec la participation de partenaires de recherche et des milieux industriels, d'autres méthodes pour la mise en œuvre efficace de ces revêtements sur l'ensemble du réseau.



Finisseur sur chenilles Volvo avec table de lissage à double équipement dameur



Mélange de béton à consistance de terre humide étudié en laboratoire

Procédé de mise en œuvre au moyen du finisseur sur chenilles. En arrière-plan, post-compaction au rouleau



Mise en œuvre à l'aide d'un finisseur à coffrage glissant sur l'autoroute : ces engins sont généralement trop larges pour une mise en place sur des routes régionales à circulation bidirectionnelle.

Différentes techniques pour différentes exigences

Les revêtements en béton sont en général mis en œuvre à consistance ferme au moyen d'un finisseur. Dans le cas d'applications spéciales, on peut également réaliser de petites surfaces au moyen de béton fluide ou entreprendre des rénovations en recourant à la méthode du White Topping.

Pour la technique ordinaire au finisseur de béton, on procède généralement en deux temps, avec la mise en place du béton inférieur, puis celle du béton supérieur directement mouillé sur mouillé. Il y a maintenant des décennies que cette technique est employée pour la construction de revêtements destinés au réseau routier principal. Elle est essentiellement utilisée sur les voies de circulation empruntées par un fort pourcentage de poids lourds, ou là où une durée de vie importante ou encore des exigences élevées en matière acoustique sont requises. En Autriche, le processus de construction de revêtements en béton et les propriétés de béton demandées sont règlementés par la directive RVS 08.17.02^[4]. Une forte adhérence, de bonnes propriétés acoustiques pendant toute la durée de vie en cas de structure en béton lavé phono-absorbante ainsi qu'une résistance à la déformation comptent parmi les avantages du procédé.

Dans la mise en œuvre de petites surfaces avec du béton fluide, celui-ci est épandu sur des voies de circulation coffrées et étiré au moyen de règles vibrantes ou de rouleaux. Plusieurs surfaces en White Topping ont déjà été réalisées en Autriche pour rénover les revêtements d'asphalte existants, surtout dans les zones très sollicitées par le trafic. L'institut de recherche EcoRoads compte aussi créer une directive pour ce procédé, dont il détermine actuellement les bases.

Les techniques de construction évoquées ont leur raison d'être pour le réseau routier principal comme pour la mise en œuvre de surfaces réduites, en particulier en ville, mais elles sont rarement fonctionnelles pour la réalisation de revêtements sur de grandes surfaces du réseau secondaire. À ce niveau, le béton compacté représente une alternative à la technique classique. À consistance de terre humide, le béton spécial utilisé a une très faible teneur en eau et est mis en place à l'aide d'un finisseur pour asphalte légèrement adapté. Il est ensuite soumis à un compactage par rouleaux, selon un processus semblable à celui employé pour l'asphalte. Cette méthode s'est déjà implantée dans certains pays, comme en Amérique du Nord ou en Espagne, pour la consolidation à moindre coût de zones industrielles. Le reste des études visait à optimiser également cette technique simple sur le réseau routier secondaire pour construire des routes en béton durables en employant des ressources régionales en termes de matériaux de base, de technologie des engins ou d'équipe d'exploitation.

Technologie pour la mise en place du béton compacté

Les matériaux de base utilisés pour la construction de béton compacté sont en général les mêmes que pour la construction en béton classique : granulats concassés ou non, ciment et, le cas échéant, adjuvants. Afin d'obtenir un degré de compactage maximal, il est essentiel, lors de la sélection des différents matériaux que le béton ait une composition similaire à celle des couches porteuses stabilisées au ciment^[5].



Mise en place du béton à l'aide du finisseur sur chenilles Volvo : la largeur de pose correspond à la largeur de l'engin.



Post-compactage du béton à l'aide d'un rouleau lisse : les bandes de béton au premier plan seront ensuite lissées par post-compactage.



Mise en place et compactage du béton dans différents cas de figure

Un autre critère essentiel est la stabilité avant la prise, ou en d'autres termes le fait que le béton frais (« vert ») soit stable au point que sa forme géométrique ne se modifie plus après le passage du coffrage glissant. Après le passage du finisseur, le béton compacté doit avoir une stabilité telle qu'à l'étape suivante, il puisse être compacté au moyen de lourds rouleaux sans que ceux-ci ne s'enfoncent de manière significative dans le béton posé. Pour obtenir cette propriété, les formulations de béton compacté sont établies avec une très faible teneur en eau et donc une valeur eau/béton basse.

La composition requise doit être analysée au moyen d'essais préliminaires ou de tests d'aptitude. En Autriche, il n'existe actuellement encore aucun règlement concret pour la fabrication de ces voies de circulation. La directive autrichienne RVS 08.17.01^[6] ou la Fiche technique allemande relative à la pose de couches de base et de couches superficielles en béton compacté pour la construction de voies de circulation^[6] fournissent quelques repères.

Technologie des engins

Les finisseurs pour revêtements de béton utilisés jusqu'ici sont en principe conçus pour le réseau routier principal. Ils se distinguent par une largeur de pose conséquente et constante sur des tronçons relativement importants, par de grandes performances de mise en œuvre et par des chenilles qui débordent du tracé du finisseur. Cette méthode classique n'est souvent pas adaptée à la construction de routes sur le réseau secondaire : les largeurs des voies de communication varient fréquemment et le manque d'espace supplémentaire pour des chenilles latérales est patent. Qui plus est, l'accessibilité rapide des voies est essentielle pour les engins de chantier, le raccordement de rues transversales ou les accès aux habitations.

Pour assurer cette flexibilité exigée dans la mise en œuvre du béton compacté, le choix s'est porté sur un finisseur qui se distingue fondamentalement des engins classiques.



Le béton compacté peut aussi être posé dans les virages et sur les sections à pente.

La configuration de l'engin choisi par Volvo correspond à celle d'un finisseur d'asphalte doté de chenilles dans le tracé arrière et d'une trémie pour l'alimentation en béton. Grâce à cet engin, il est possible de poser aussi bien du béton que de l'asphalte. Le béton est mis en place avec une consistance de terre humide. On s'assure ainsi qu'il ait déjà la stabilité requise à la mise en œuvre avec un

« Grâce à ce finisseur, il est possible de poser aussi bien du béton que de l'asphalte. »

finisseur de route et ne soit plus fluide. Les vitesses de travail du béton sont en général moins élevées que celles de l'asphalte à raison d'environ 1 à 2 m/min, en fonction de l'épaisseur et de la largeur de pose, ainsi que du type de matériel.

En plus de la table de lissage simple, très utilisée, la gamme Volvo comprend également une table à haut pouvoir de compactage, qui convient aussi bien aux épaisseurs plus importantes de l'asphalte qu'à la mise en place du béton. L'utilisation d'une table Volvo de ce type, munie d'un double dameur, permet déjà d'obtenir un pré-

compactage très élevé et de réduire ainsi fortement la phase de post-compactage au rouleau tandem, voire de l'éliminer désormais peut-être totalement. Les tables de lissage double se sont souvent révélées efficaces dans la pratique, précisément pour les grandes épaisseurs de pose entre 15 et 30 cm. Volvo propose cette technologie particulière pour les tables Vario comme pour les tables manuelles. En fonction du matériel et des conditions ambiantes, les tables de lissage double permettent, à la mise en place du béton, d'obtenir des valeurs de compactage de près de 100 %, et de renoncer alors aux passages de rouleau supplémentaires.

En raison du béton frais à consistance de terre humide, les contraintes de nettoyage de la table se limitent à un lavage à haute pression après utilisation.

Après cette mise en œuvre au moyen du finisseur, la surface est aplanie par des rouleaux lisses pesant entre 8 et 12 t. Grâce à ce post-compactage et en dépit de la consistance très ferme du béton, il est possible de réaliser une surface homogène, fermée et plane.



La mise en œuvre est contrôlée par des tests parallèles sur le béton frais, mais aussi par une vérification du compactage assortie d'une mesure non destructive de la masse volumique apparente au moyen d'un densimètre Troxler et d'un déflectomètre à masse tombante léger.



Le tronçon en béton compacté soumis à une forte sollicitation du trafic de poids lourds

Tronçon d'essai en Styrie, Autriche

Pour tester cette nouvelle technique de construction et recueillir des retours d'expérience importants, un accès d'usine a été créé dans une carrière, fin mars 2019, dans le cadre du projet d'EcoRoads. Elle a servi de tronçon d'essai pour le béton compacté. Cet emplacement a été choisi parce qu'il permettait de reproduire parfaitement différents cas de mise en œuvre se présentant dans la pratique, comme des virages, des pentes et différentes largeurs de pose ; et qu'il était de plus fortement sollicité par des poids lourds pour accéder à une usine de recyclage.

La première étape de la mise en œuvre de ce tronçon test a été de développer des formulations de béton au laboratoire de Smart Minerals GmbH à Vienne, en Autriche. La zone étant située à l'écart des agglomérations, la disponibilité des fournisseurs potentiels de béton était certes limitée, mais la priorité a toujours été la fabrication de béton compacté à partir des matériaux de base disponibles dans les environs.

Lors des essais préliminaires, différentes compositions ont été étudiées au laboratoire. Les ingénieurs ont confectionné des échantillons Proctor afin de déterminer la teneur optimale en eau, mais aussi des mélanges de béton pour analyser les qualités de béton durci obtenues. Du fait de la consistance très ferme du matériau, la mise en œuvre n'a été possible qu'au moyen d'un engin de compactage spécialement adapté.

Sur la base des résultats des tests effectués au laboratoire, des formulations ont été sélectionnées et mises en place sur différents segments du tronçon d'essai. Le tronçon est d'environ 500 m de long avec des pentes maximales de 7 %, si bien qu'en certains endroits, la mise en œuvre a été réalisée au finisseur en plusieurs bandes parallèles.

Le tableau ci-dessous montre les variations des formulations mises en œuvre ainsi que la résistance à la compression relevée sur les carottes extraites après 28 jours.

Composition du béton

CEM II/B-S 42,5 N (DZ)	280–330 kg
RK 0/4	880–940 kg
RK 4/8	360–390 kg
RK 8/16	580–630 kg
Eau totale	120–125 kg
Rapport eau/béton	0,38–0,43

Résistance à la compression

Résistance à la compression (carotte)	40–55 N/mm ²
---------------------------------------	-------------------------

Un finisseur sur chenilles Volvo P8820C ABG a été utilisé pour le tronçon d'essai en Styrie du Sud. D'un poids en ordre de marche d'environ 21,4 t, il dispose d'un moteur Volvo D8 d'une puissance de 200 kW et d'un rendement de pose théorique de 1100 t/h. Sa largeur de pose maximale est d'environ 13 m. Pour des largeurs de 2,5 à 5 m, ce finisseur n'a eu aucune difficulté, avec sa table de lissage double VDT-V 78, à exécuter la mise en

« La mise en œuvre du tronçon d'essai actuel en Styrie présente une alternative séduisante et durable à la mise en place classique d'asphalte. »

place du béton d'une épaisseur de couche de près de 20 cm. Des largeurs de travail plus importantes seraient possibles, et ce très facilement, en utilisant des éléments rapportés. Une vitesse de pose de 1,8 m/min a été décidée afin d'adapter de manière optimale la puissance de compactage de la table aux exigences. Avec près de 1600 1/min, la vitesse de rotation de la table de lissage double VDT-V 78 a été ajustée à un nombre de tours proche de son maximum. Le réglage a ainsi permis de combiner une puissance de compactage très élevée avec un flottement homogène et calme.

Le béton a été ensuite compacté au moyen d'un rouleau lisse de 12 t. Lors de la construction de ce tronçon d'essai, on a varié la composition, le compactage et la finition de la surface (lissage, finition au balai) afin d'éclairer le plus d'aspects possibles relatifs à la mise en place et aux propriétés du béton. Le suivi complet de cette mise en œuvre et l'évaluation des qualités du béton frais ainsi que du béton durci ainsi obtenues permettent de déduire avec cohérence les liens entre la mise en œuvre, les propriétés obtenues et les qualités de résistance qui en découlent. D'autres publications sont prévues dans le cadre d'Eco-Roads.

Bibliographie (en allemand)

- [1] ÖAMTC: Staukostenrechner
- [2] Litzka, J.; Weninger-Vycudil, A.: Baulicher Erhaltungsbedarf für die Landesstraßen Österreichs. Studie für die österreichischen Landesstraßenverwaltungen, Perchtoldsdorf 2011 (unveröffentlicht)
- [3] Peyerl, M.; Eberhardsteiner, L.; Bayraktarova, K.; Gschösser, F.: Instandsetzungsbauweisen in Beton für das Landesstraßennetz; GSV-Jahrbuch, Wien 2018
- [4] RVS 08.17.02: Technische Vertragsbedingungen, Betondecken, Deckenherstellung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr, Wien 2011
- [5] RVS 08.17.01: Technische Vertragsbedingungen, Betondecken, mit Bindemittel stabilisierte Tragschichten, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße Schiene Verkehr, Wien 2009
- [6] Merkblatt für den Bau von Tragschichten und Tragdeckschichten mit Walzbeton für Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2000

La surface de béton achevée après passage du rouleau, sans...



...et avec finition au balai



Une partie du tronçon après la fin des travaux

L'institut de recherche EcoRoads

L'institut de recherche EcoRoads a pour objet la promotion, notamment par la recherche et le développement, des intérêts régionaux et transrégionaux communs liés à la construction de revêtements et de zones industrielles en béton. Créé en 2016, il compte parmi ses membres un certain nombre d'entreprises et de sociétés de l'industrie du ciment et du béton de chantier ainsi que des entreprises spécialisées dans la construction. Les résultats scientifiques obtenus dans le cadre de son activité de recherche sont mis à disposition des membres, de l'industrie du bâtiment et des organismes de formation.



Synthèse

La mise en œuvre du tronçon d'essai a montré qu'en plus des applications déjà connues sur des zones industrielles et de stockage, il était possible de réaliser de manière pratique, économique et facile des ouvrages linéaires destinés au trafic au moyen de béton compacté. Grâce à leur stabilité élevée avant la prise, ces surfaces peuvent être utilisées peu de temps après leur réalisation. La flexibilité du finisseur permet de mettre en place des revêtements ayant même des largeurs variables. Il est également possible de travailler manuellement des surfaces de petite taille. La mise en œuvre du tronçon d'essai actuel en Styrie présente une alternative séduisante et durable à la mise en place classique d'asphalte. La combinaison d'un engin de traction Volvo performant et d'une table de compactage élevé avec technologie de lissage double convient ainsi parfaitement à la mise en œuvre de revêtements en béton compacté RCC (Roller Compacted Concrete) ou PCC (Paver Compacted Concrete).

Groupement d'intérêts des routes en béton

cemsuisse

Association suisse de l'industrie
du ciment
Marktgassee 53
3011 Berne
Téléphone 031 327 97 97
info@cemsuisse.ch
www.cemsuisse.ch

Ebicon AG

Breitloostrasse 7
8154 Oberglatt
Téléphone 043 411 28 20
info@ebicon.ch
www.ebicon.ch

Grisoni-Zaugg SA

ZI Planchy
Case postale 2162
1630 Bulle 2
Téléphone 026 913 12 55
info@grisoni-zaugg.ch
www.groupe-grisoni.ch

Holcim (Schweiz) AG

Hagenholzstrasse 83
8050 Zurich
Téléphone 058 850 68 68
betonstrassen@holcim.com
www.holcim.ch

Holcim (Suisse) SA

1312 Eclépens
Téléphone 058 850 92 14
chasseebeton@holcim.com
www.holcim.ch

Implenia Suisse SA

Binzmühlestrasse 11, 8050 Zurich
Téléphone 058 474 75 00
daniel.hardegger@implenia.com
www.implenia.com

Jura-Cement-Fabriken AG

Talstrasse 13
5103 Wildegg
Téléphone 062 887 76 66
info@juracement.ch
www.juracement.ch

Juracime SA

Fabrique de ciment
2087 Cornaux
Téléphone 032 758 02 02
info@juracime.ch
www.juracement.ch

KIBAG Bauleistungen AG

Construction de routes et travaux publics
Müllheimerstrasse 4
8554 Müllheim-Wigoltingen
Téléphone 052 762 61 11
p.althaus@kibag.ch
www.kibag.ch

Müller Engineering GmbH

Conseil et expertise pour les
surfaces de circulation en béton
Kirchstrasse 25
8564 Wäldi TG
Téléphone 079 247 82 49
gm@müller-engineering.ch
www.müller-engineering.ch

Sika Suisse SA

Tüffenwies 16, 8048 Zurich
Téléphone 058 436 40 40
hirschi.thomas@ch.sika.com
www.sika.ch

Specogna Bau AG

Steinackerstrasse 55, 8302 Kloten
Téléphone 044 800 10 60
info@specogna-bau.ch
www.specogna-bau.ch

Synaxis AG Zürich

Thurgauerstrasse 56, 8050 Zurich
Téléphone 044 316 67 86
c.bianchi@synaxis.ch
www.synaxis.ch

Toggenburger AG

Schlossackerstrasse 20
Case postale 3019, 8404 Winterthur
Téléphone 052 244 13 03
info@toggenburger.ch
www.toggenburger.ch

Ciments Vigier SA

Zone industrielle Rondchâtel, 2603 Péry
Téléphone 032 485 03 00
info@vigier-ciment.ch
www.vigier-ciment.ch

Walo Bertschinger SA

Case postale 1155, 8021 Zurich
Téléphone 044 745 23 11
kurt.glanzmann@walo.ch
www.walo.ch

Commercialisation :

BETONSUISSE

BETONSUISSE Marketing AG
Marktgassee 53, CH-3011 Berne
Téléphone +41 (0)31 327 97 87, fax +41 (0)31 327 97 70
info@betonsuisse.ch, www.betonsuisse.ch



InformationsZentrum Beton GmbH
Steinhof 39, D-40699 Erkrath
Téléphone +49 (0)211 28048-1, fax +49 (0)211 28048-320
erkrath@beton.org, www.beton.org



Verein Betonmarketing Österreich
Demandes concernant le domaine des routes en béton à
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H.
Franz-Grill-Straße 9, O 214, A-1030 Wien
Téléphone +43 (0) 1 714 66 85-0
zement@zement-beton.co.at, www.zement.at