

Avis Technique 1/04-809

Annule et remplace l'Avis Technique 1/01-777

Fondations superficielles

Dramix[®] SF

Titulaire : Société BEKAERT France
Parc de Haute Technologie
3, chemin de la Croix Brisée
F-92183 ANTONY

Tél. : 01 40 96 26 37
Fax : 01 40 96 26 39
Internet : <http://www.bekaert.com/building>
E-mail : stephane.charignon@bekaert.com

Commission chargée de formuler des Avis Techniques
(arrêté du 2 décembre 1969)

Groupe Spécialisé n° 1
Béton moulé et fixations

Vu pour enregistrement le 17 février 2005



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 4, avenue du Recteur-Poincaré, F-75782 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 50 28 28 - Fax : 01 45 25 61 51 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 1 de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques, a examiné le 27 septembre 2004, le procédé de fondation superficielle par semelle filante en béton de fibres Dramix® SF présenté par la Société BEKAERT France. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après qui annule et remplace l'Avis Technique 1/01-777. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Principe et destination :

Le procédé consiste en l'introduction, en centrale à béton, de fibres métalliques Dramix® RC-80/50-BN pour constituer un béton prêt à l'emploi destiné à la réalisation de fondations superficielles par semelle filante.

La présence de fibres vise à permettre de se dispenser, dans le cas de semelles sous mur plein non sollicitées en flexion, des armatures minimales de chaînage prescrites par le DTU 13-12.

1.2 Identification :

Fibres :

Les fibres Dramix® RC-80/50-BN, commercialisées par BEKAERT France, sont conditionnées en groupes de fibres collées en bande par une colle à base d'acétate de polyvinyle soluble à l'eau. Ces fibres sont livrées en sacs de 20 kg sur lesquels sont indiquées la référence des fibres, l'usine et la date de production.

Béton :

Les bons de commande et de livraison du béton prêt à l'emploi mis en œuvre dans le cadre du présent Avis Technique portent la référence « Dramix® SF » ainsi que la composition du béton livré, précisant notamment le dosage en fibres.

2. Avis

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le domaine d'emploi accepté pour ce procédé est limité à la réalisation de semelles continues sous murs de maisons individuelles et bâtiments assimilés, de type R+1 au plus, en terrain homogène, hors zone sismique.

2.2 Appréciation du procédé

2.2.1 Aptitude à l'emploi

Fonctionnement

Dans le domaine d'emploi accepté, moyennant l'application des dispositions du DTU 13.11 (DTU P 11-211) concernant la réalisation des fouilles et des ouvrages de fondation, les semelles filantes superficielles en béton « Dramix® SF » devraient présenter un comportement satisfaisant sous réserve du respect des prescriptions techniques du chapitre 2.3 ci-après.

Sécurité incendie

Constituées en quasi totalité de matériaux incombustibles d'une part, et systématiquement protégées par le sol d'autre part, les semelles filantes en béton de fibres « Dramix® SF » ne posent pas de problème particulier de ce point de vue.

Isolation thermique

Les déperditions thermiques par les semelles en béton de fibres « Dramix® SF », dont la constitution permet d'estimer qu'elles ne sont pas significativement différentes de celles de semelles courantes en béton, peuvent donc être évaluées sur les mêmes bases que ces dernières.

2.2.2 Durabilité- aspect

Les fibres Dramix® enrobées par le béton bénéficient du même phénomène de passivation que tout acier ordinaire dans la même situation.

Des essais de vieillissement accéléré par action de brouillard salin sur un béton de fibres Dramix® non protégées contre la corrosion ont montré que des marques de corrosion n'apparaissent qu'en surface du béton ainsi que le long des fissures existantes ; elles tendaient à se propager dans les fibres selon la direction de tréfilage, mais les fibres totalement enrobées dans le béton n'étaient pas altérées.

La corrosion des fibres reste donc superficielle et ne semble pas provoquer d'écaillage du béton. Elle ne pourrait présenter d'inconvénient

que du point de vue esthétique mais ce critère n'est pas à prendre en compte ici, s'agissant d'un ouvrage enterré par nature.

Les résultats des expérimentations conduites sur le béton de fibres Dramix® ont montré que la présence de ces fibres a en outre une action anti-fissuration sur le béton des semelles, ce qui est un facteur favorable à leur durabilité.

Au total, les expérimentations réalisées sur le type de béton mis en œuvre dans ce procédé ont montré que ses particularités de constitution ne sont pas de nature à affecter sa durabilité dans les limites d'emploi prévues.

2.2.3 Fabrication

Effectuée par la Société BEKAERT, la fabrication des fibres par tréfilage est réalisée selon un processus éprouvé et faisant l'objet d'un contrôle interne continu dans des usines certifiées ISO 9001.

Le béton « Dramix® SF » est fabriqué dans des centrales de béton prêt à l'emploi sous contrat avec la Société BEKAERT, dans des conditions assurant le respect des dosages prescrits et une répartition homogène des fibres.

2.2.4 Mise en œuvre

La mise en œuvre, dans des semelles filantes, du béton de centrale « Dramix® SF » ne diffère pas sensiblement de celle des bétons de centrale courants, ainsi qu'ont permis de le vérifier les chantiers expérimentaux sur lesquels le procédé a été appliqué.

2.3 Cahier des prescriptions techniques

2.3.1 Prescriptions de conception

Les semelles Dramix® SF doivent être dimensionnées conformément aux indications données au chapitre 5 du Dossier Technique établi par le demandeur.

En partie courante des semelles sous mur où les charges à transmettre se limitent aux charges verticales du bâtiment, sensiblement uniformes et centrées dans le plan de symétrie vertical sans flexion longitudinale ni transversale, on peut ne pas disposer d'armatures filantes.

Au droit de charges localisées (poteaux, trumeaux,...) et de grandes ouvertures susceptibles d'engendrer sur les semelles des cisaillements ou des flexions locales, ou des valeurs de poinçonnement importantes, on doit disposer un réseau d'armatures dimensionné conformément aux règles de calcul en vigueur.

Un joint de rupture doit être prévu entre deux parties adjacentes d'ouvrage susceptibles de subir des différences importantes de chargement ou de tassement.

2.3.2 Prescriptions de fabrication et de contrôle

Les fibres doivent présenter les caractéristiques définies dans le Dossier Technique ci-après et dans les spécifications référencées déposées au CSTB. Leur fabrication et leur contrôle doivent être conformes aux dispositions décrites dans le Manuel Qualité de l'usine productrice des fibres.

La fabrication du béton avec incorporation de fibres doit être réalisée dans des usines de béton prêt à l'emploi sous contrat avec la Société BEKAERT qui leur fournit un monitorat. Ces usines doivent justifier soit d'un certificat de qualification NF soit d'une aptitude à produire des bétons conformes à la norme NF EN 206-1 et à son annexe nationale française NF P 03-001 sur la base d'un Plan d'organisation de l'Assurance Qualité et du contrôle de cette qualité par du personnel indépendant de la production. Le processus de cette fabrication doit être conforme au mode opératoire convenu avec la Société BEKAERT. Ce mode opératoire doit décrire notamment les dispositions prises pour garantir le respect de la qualité et des dosages prévus pour chacun des constituants du béton fibré et principalement de la fibre.

Les sacs de fibres doivent être stockés à l'abri de la chaleur (température inférieure à 60 °C) et de l'humidité, afin de ne pas altérer leur conditionnement en plaquettes, réalisé par collage.

2.33 Prescriptions de mise en œuvre

Le coulage des semelles doit être réalisé en continu ; le cas échéant, les plans de reprises doivent être munis d'acier de couture.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement

Validité

Jusqu'au 30 novembre 2010

*Pour le Groupe Spécialisé n°1
Le Président*

P. CUNIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

En l'état actuel des justifications produites par le demandeur à l'appui de sa demande, le domaine d'emploi accepté a été limité à la réalisation, en terrain homogène, de semelles continues sous murs de maisons individuelles et bâtiments assimilés dont la géométrie n'impose pas la présence d'armatures transversales.

Il est donc entendu que les zones de semelles susceptibles d'avoir un fonctionnement en flexion ou en cisaillement dans le sens longitudinal, c'est-à-dire essentiellement les zones situées immédiatement au-dessous de portes et portes-fenêtres, doivent comporter des armatures dimensionnées conformément aux règles de calcul du béton armé.

Dans le domaine d'emploi accepté et compte tenu de l'absence de retour d'expérience négatif des applications réalisées dans le cadre du précédent Avis Technique, le Groupe n'a pas estimé nécessaire que les applications fassent l'objet d'un suivi systématique. Il n'a pas prévu de revoir ce dossier avant un délai de 6 ans.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 1

B. BLACHE

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description et domaine d'emploi

Procédé pour la réalisation de fondations superficielles du type semelles filantes au sens des DTU 13.11 et 13.12 à partir d'un béton prêt à l'emploi renforcé de fibres métalliques Dramix® RC-80/50 – BN, dosées à 10 kg/m³.

Le procédé vise la réalisation de semelles filantes de maisons individuelles et bâtiments assimilés comportant au plus un niveau en sous-sol et deux niveaux en superstructure. Dans ce domaine, sur la base d'une géométrie de semelle n'imposant pas la présence d'armatures transversales, les caractéristiques conférées à ce béton par les fibres visent à permettre de se dispenser de mettre en place des armatures filantes dans les zones sous mur soumises uniquement à des efforts de compression.

Les zones de semelle susceptibles d'avoir un fonctionnement en flexion ou en cisaillement dans le sens longitudinal doivent comporter des armatures dimensionnées conformément aux règles de calcul du béton armé.

De telles zones sont notamment constituées par :

- les semelles ponctuelles permettant l'assise de poteaux,
- les zones de semelle non directement chargées au droit de grandes ouvertures (effet de poutre inversée),
- les tronçons de semelle ayant un fonctionnement en longrine pour permettre le pontage des zones en remblai (par exemple entre une partie en sous-sol et une partie en rez-de-chaussée).

L'utilisation en zone sismique est exclue.

2. Matériaux

1.1 Fibres Dramix®

Elles sont fabriquées à partir de fil d'acier non allié destiné au tréfilage et au laminage à froid selon les normes NF EN 10016-1 et NF EN 10016-2 d'août 1995.

Les caractéristiques détaillées concernant ces fibres sont précisées par les spécifications BEKAERT AS-10-06 et A5-10-06, déposées au CSTB, celui-ci étant informé de toute modification ultérieure éventuelle.

La fibre comporte à chacune de ses extrémités un façonnage en forme de baïonnette appelé « crochet » destiné à favoriser son ancrage dans le béton.

Les principales caractéristiques dimensionnelles et physiques sont les suivantes :

- longueur de la fibre : 50 mm (+/- 3 mm)
- diamètre du fil : Ø moyen = 0,62 mm ($\pm 0,02$ mm)
- longueur des extrémités des crochets : $1,5 \leq l \leq 4$ mm
- angle du crochet : $\alpha \geq 20$ degrés
- résistance à la traction du fil : $R_m > 1\,050$ N/mm²

La colle utilisée pour le conditionnement des plaquettes est soluble à l'eau.

Les fibres Dramix® sont exclusivement produites dans les usines BEKAERT. La fabrication est certifiée ISO 9001 soumises à un contrôle interne décrit dans le Manuel Qualité de BEKAERT.

Identification de la fibre - *Nomenclature* RC -80/50-BN

Type d'ancrage : **R** = fibre avec 2 crochets

Conditionnement : **C** = fibres encollées en plaquette (Collated)

Facteur d'élançement : **80** = $L/d = 50/0.62$

Longueur L (mm) : **50**

Revêtement : **B** = fil clair non revêtu (Bright)

Résistance à la traction du fil : **N** = Normale (>1000 N/mm² acier bas carbone)

1.2 Béton de fibres « Dramix® SF »

1.21 Constituants autres que les fibres

Le béton est constitué :

- de sable de granulométrie 0/5, de granulats courants de dimension maximale 25 mm (conformes à la norme P 18-541)
 - de ciment (conforme à la norme NF P 15-301)
 - d'eau (conforme à la norme NF P 18-303)
- et éventuellement
- d'additions, notamment
 - cendres volantes (suivant norme NF EN450)
 - fillers siliceux (suivant norme NF P 18-501)
 - d'adjuvants (conformes à la norme NF P 18-303)

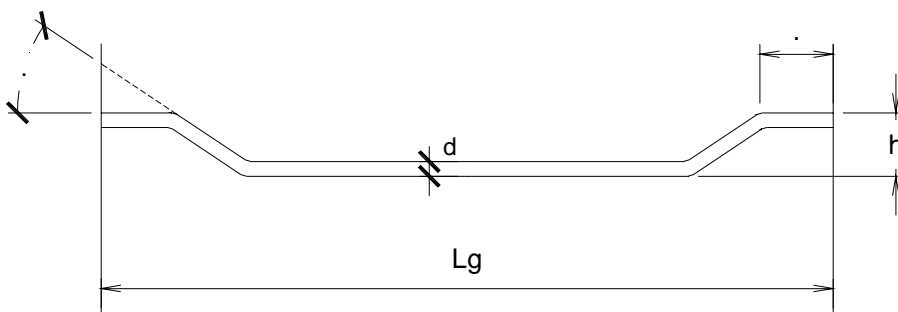
Pour les classes courantes d'environnement E, le dosage minimal en ciment ou en liant équivalent et la résistance caractéristique minimale en compression à 28 jours doivent respecter les valeurs fixées dans le tableau suivant, en référence à la norme XP P 18 305 et au DTU13-12.

Classe d'environnement E (béton non armé)	2a humide sans gel ou avec gel faible	2b1 humide avec gel modéré
Dosage minimal en ciment ou en liant équivalent (kg/m ³)	200	240
Résistance minimale f_{c28} (MPa)	20	20

Les autres spécifications (rapport E/C, A/(A+C), ...) doivent également respecter les limitations définies par la norme XP P 18 305.

Pour les d'autres classes d'environnement, se référer à ladite norme.

Dosage en fibres Dramix® RC-80/50-BN : **10 kg/m³**



1.22 Ouvrabilité

L'ouvrabilité nécessaire doit être obtenue sans rajout d'eau et si nécessaire en ayant recours à l'emploi d'un super plastifiant réducteur d'eau.

La consistance recherchée suivant les conditions et l'environnement du chantier peut être désignée soit par la valeur en centimètres de l'affaissement mesuré au cône, soit par la classe désignée par les lettres ci-après :

affaissement (cm)	classe de consistance des bétons	désignation simplifiée
inférieur ou égal à 4	Ferme	F
de 5 à 9	Plastique	P
de 10 à 15	Très Plastique	TP
supérieur ou égal à 16	Fluide	FL

2 Fabrication et transport

2.1 Fabrication et contrôle des fibres Dramix®

Les fibres Dramix® RC-80/50-BN sont exclusivement produites dans les usines BEKAERT. Les lieux de production de ces fibres pour le marché français sont les suivants :

- BEKAERT SA - Bekaertstraat 2 - B 8550 ZWEVEGEM
- BEKAERT SA - 300, Bezrucova - CZ 73593 BOHUMIN
- BEKAERT SA - n° 3 Verzetsloan - B 8552 MOEN

La fabrication est certifiée ISO 9001, soumise à un contrôle interne décrit dans le Manuel Qualité de BEKAERT.

Le contrôle interne porte sur :

- contrôle à réception des matières premières ;
- contrôle sur produits finis : diamètre, résistance à la traction, poids, forme et collage des fibres en plaquettes.

2.1 Fabrication du béton de fibres « Dramix® SF »

Le béton de fibres « Dramix® SF » est produit par des centrales de béton prêt à l'emploi sous contrat avec la Société BEKAERT.

Lors de sa commande l'utilisateur doit spécifier, en référence au présent Avis Technique :

- le domaine d'emploi, auquel est destiné le béton.
- La classe d'environnement E (2a₁, 2b₁, ...)
- La consistance
- Les besoins en matière de durée de maintien de l'ouvrabilité.

L'approvisionnement, la formulation et le dosage des différents constituants du béton sont réalisés par le fabricant de BPE. Celui-ci garantit la conformité du béton de fibres « Dramix® SF » aux règles de composition et aux performances définies dans le présent Avis Technique.

La fabrication du béton de fibres métalliques « Dramix® SF » doit être exécutée par le fournisseur de Béton Prêt à l'Emploi selon l'une des trois méthodes suivantes : les fibres sont introduites soit sur le convoyeur de granulats, soit directement dans le malaxeur, soit encore ajoutées dans le camion-malaxeur. Le temps de malaxage pris en compte par le producteur de béton « Dramix® SF » doit permettre l'obtention d'un béton conforme aux spécifications.

Dans le cas d'une incorporation différée dans le camion-malaxeur, celle-ci est effectuée sur le site de la centrale et un malaxage supplémentaire est effectué à une vitesse de rotation de la cuve d'au moins de 12 tours par minute.

Le temps de malaxage supplémentaire sera de 1 minute par tranche de 20 kg de fibres Dramix® RC-80/50-BN, sans être inférieur à 3 minutes.

2.3 Transport du béton de fibres « Dramix® SF »

Les conditions de transport devront être conformes à la norme XP P 18-305. Selon la durée en matière de maintien de l'ouvrabilité un ajout d'adjuvant peut être fait en fin de transport à la double condition suivante :

- la préparation et le dosage de l'adjuvant ont été réalisés à la centrale.
- un malaxage supplémentaire d'au moins 1 minute/m³ sans être inférieur à 4 minutes, est réalisé avant déversement du béton.

3 Mise en œuvre du béton de fibres « Dramix® SF »

Les semelles filantes de fondation sont conçues et dimensionnées selon les prescriptions techniques particulières du présent Avis Technique.

Lorsque le niveau du bon sol le nécessite l'entreprise réalise en première phase le coulage d'un gros béton de rattrapage non fibré (en général béton type B16 ou B20 selon l'environnement).

Avant le coulage de la semelle en béton de fibres « Dramix® SF », l'Entreprise procède s'il y a lieu à la mise en œuvre des armatures nécessaires à des renforcements locaux (grandes ouvertures, zones de fonctionnement en longrine).

La semelle en béton de fibres « Dramix® SF » est coulée en deuxième phase selon les dimensions prévues par l'application des prescriptions techniques particulières.

Lorsque des reprises de bétonnage sont prévues, on incorpore des armatures en attente pour assurer la couture entre les deux bétons.

Enfin l'entreprise plante dans le béton frais les armatures en attente pour l'ancrage des chaînages verticaux, ainsi que toutes autres armatures nécessaires pour assurer la liaison des semelles aux ouvrages de superstructure.

4 Durabilité du béton de fibres « Dramix® SF »

Le renforcement du béton par des fibres métalliques tréfilées améliore son comportement vis à vis de la durabilité dans la mesure où l'on respecte les règles de l'art relatives à l'élaboration du béton.

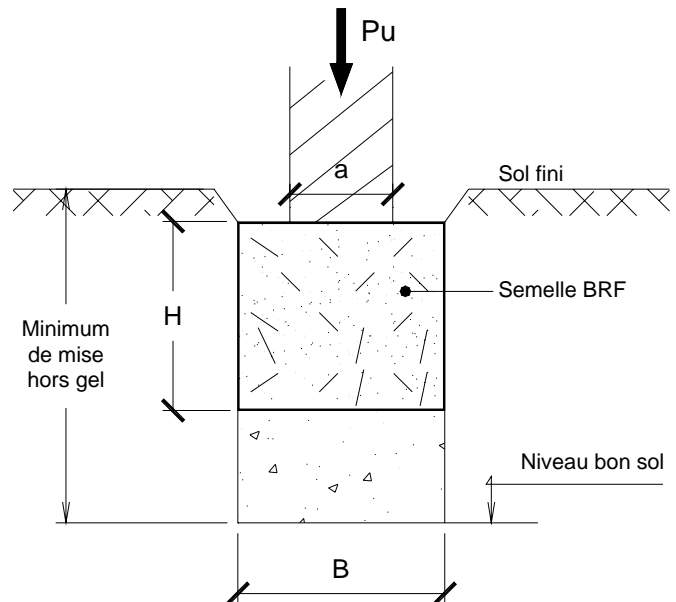
Des essais accélérés n'ont montré aucune corrosion des fibres totalement enrobées par le béton.

Une corrosion de surface peut être observée pour les fibres situées à moins de 1 mm de la surface. Cependant la résistance n'est pas affectée et le préjudice est uniquement esthétique. Ce point n'est donc pas critique pour l'application en semelles filantes de fondations.

5. Dimensionnement des semelles en béton de fibres « Dramix® SF »

Paramètres

B = largeur de la semelle (cm)



H = hauteur de la semelle (cm)

a = épaisseur du mur (cm)

q_{ELU} = contrainte limite du sol à l'ELU (MPa)

q_{ELU} = 1,5 q_{ELS}

P_u = charge portante ultime (KN/m)

Tableau de dimensionnement

En caractères gras sont indiquées les charges portantes à l'ELU. Pu (en KN/m)

	Mur de 15 cm	Mur de 20 cm	Mur de 25 cm	$q_{ELU} = 0,12$ (MPa)	$q_{ELU} = 0,15$ (Mpa)	$q_{ELU} = 0,18$ (Mpa)	$q_{ELU} = 0,23$ (Mpa)	$q_{ELU} = 0,30$ (Mpa)	
				Pu (KN/m)	Pu (KN/m)	Pu (KN/m)	Pu (KN/m)	Pu (KN/m)	
Dimensions	40 X 35	40 X35	40 X35	48	60	72	92	120	
	45 x 32	45 x 32	45 x 32	54	67	81	103	135	
	50 x 35	50 x 30	50 x 30	60	75	90	115	150	
	55 x 40	55 x 35	55 x 30	66	82	99	126	165	
	60 x 45	60 x 40	60 x 35	72	90	108	138	180	
	65 x 50	65 x 45	65 x 40	78	97	117	149	195	
	Semelles	70 x 55	70 x 50	70 x 45	84	105	126	161	210
	B x H (cm x cm)	75 x 60	75 x 55	75 x 50	90	112	135	172	225

BRFM B20 à la norme dosé à 10 kg de Dramix® RC80/50BN

exemple :

Pour une villa à un étage avec une contrainte de sol de 0,16 MPa , une charge limite de 80 kN/m sur un mur de 18 cm, la semelle devra avoir au minimum les dimensions suivantes :

- hauteur = 45 cm
- largeur = 60 cm

Le béton devra être un BRFM B20 à la norme dosé à 10 kg/m³ de Dramix® RC80/50BN.

B. Résultats expérimentaux

1. Essai de flexion traction

sur prisme de béton de fibres Dramix[®] RC-80/50-BN dosé à 10 et 20 kg/m³.

- rapport d'essais n° R/28527 – C/96 de l'Université Catholique de Leuven du 12 Mars 1997,
- rapport d'essais B 142 6871 du CEBTP du 29 février 2000.

2. Essais de poinçonnement flexion

sur plaque de 600 x 600 mm et épaisseur 50 mm permettant de comparer le comportement à la flexion du béton de fibres Dramix[®] RC-80/50-BN dosé à 10 kg/m³ de béton et d'un béton traditionnel armé de TS 3,5 x 3,5 / 190 x 330 mm.

3. Essais de poinçonnement

Sur des dalles en béton de fibres effectués au CSTB / RE 41.447 du 4 septembre 1996.

C. Références

Les fibres Dramix[®] sont fabriquées par la Société BEKAERT depuis 1975.

Le béton renforcé de fibres métalliques a principalement été utilisé jusqu'à présent en substitution totale ou partielle d'armatures traditionnelles pour des applications en dallages sur terre-plein, en soutènement provisoire pour les tunnels, ainsi qu'en préfabrication.

La présente application en semelles filantes de fondations superficielles, est développée depuis plusieurs années par BEKAERT en Belgique et en Allemagne ; des chantiers expérimentaux ont été réalisés en France. Parmi ces derniers, on peut citer :

- 1 Pavillons à Toulouse (31)
entreprise : Bordignon
Maître d'œuvre : Maisons Ruggieri
Fournisseur béton : Béton Chantier Toulouse (Groupe Lafarge)
- 2 Pavillon à Etoiles sur Rhône (26)
entreprise : Conte Jean-Michel
Maître d'œuvre : Maisons Aubert
Fournisseur béton : Béton de France, Etoiles du Rhône (groupe RMC)
- 3 Pavillon à Beaune (21)
entreprise : Martin's Gualter
Maître d'œuvre : Aubert Philippe
Fournisseur béton : Dijon Béton, en collaboration avec SIKA France.

La fibre RC80/50BN utilisée dans le procédé objet du présent Avis Technique a déjà été utilisée dans le procédé de dalle de répartition en béton de fibres Dramix[®] pour les plancher à poutrelles, objet de l'Avis Technique n° 3/97-306.