

AVIS TECHNIQUE

CHAUSSEES **151**

REMBLAIS LEGRS

COMPOSTYRENE®

Société : SCREG

49 rue du Point du Jour
92653 BOULOGNE BILLANCOURT Cedex
Téléphone : 01.47.61.73.60
Télécopie : 01.47.61.73.70
Internet : www.screg.fr

COMPOSTYRÈNE® est un procédé de remblai léger utilisé sur sols compressibles ou instables, ou pour diminuer les surcharges permanentes d'ouvrages de génie civil. Il utilise les qualités de résistance et de légèreté des polystyrènes expansés (EPS).

La conception de chaque projet s'appuie sur une étude complète qui intègre les contraintes géotechniques ainsi que les sollicitations de service. Cette étude permet le dimensionnement du remblai léger ainsi que des ouvrages qui l'accompagnent (assainissement, soutènement, voiries).

Certaines dispositions constructives du procédé COMPOSTYRÈNE® sont protégées en France et dans divers pays étrangers par le brevet français issu de la demande européenne n° 97920772.7.

Avec un recul de plus de 25 ans en France, on peut dire que le procédé COMPOSTYRÈNE® est fiable. Aucun désordre pouvant remettre en cause la stabilité des remblais n'a été relevé sur les ouvrages ayant fait l'objet d'une enquête dans le cadre du présent avis technique.

Cet avis technique correspond au renouvellement de l'Avis Technique n° 134.

Date : Janvier 2010

Validité : 7 ans

SOMMAIRE

| | |
|---|---------|
| I - Présentation du procédé par l'entreprise | page 2 |
| II - Résultats d'études - Caractéristiques du produit et du procédé - Références | page 8 |
| III - Avis du Comité | page 12 |

I - PRESENTATION DU PROCEDE PAR L'ENTREPRISE

1. PRINCIPE

Le procédé est basé sur l'utilisation d'EPS (polystyrène expansé) d'une masse volumique environ 100 fois moindre que celles des matériaux de remblai utilisés habituellement.

Cette très faible densité, des caractéristiques physiques et mécaniques élevées, et sa grande stabilité chimique, ont montré la durabilité excellente d'EPS sous les sollicitations répétées en laboratoire et depuis 25 ans sur des nombreuses réalisations.

Les méthodes de constitution des remblais se divisent en deux grandes catégories (avec ou sans vides) qui peuvent chacune intégrer des options particulières liées aux talus (pente, verticalité d'un ou des 2 talus), à la hauteur du remblai (≤ 6 m ; > 6 m), à la possibilité ou non de travailler hors circulation ou de réaliser des ancrages de reprise d'efforts (tirants, dalles frottantes, etc.)

1.1 - Remblais routiers sans vides

a) De hauteur ≤ 6 mètres

Ces remblais correspondent surtout aux réalisations de faible et moyenne taille dont les profils en travers présentent une faible largeur d'assise par rapport à la hauteur.

Dans ces cas de remblais routiers, les blocs d'EPS sont en général de qualité EPS 90 selon la norme NF EN 14933. Ils sont montés en couches croisées et sensiblement bord à bord. Un plan de calepinage couche par couche est établi.

Les blocs sont fixés entre eux par points.

b) Cas des massifs de hauteur > 6 mètres

Pour les hauteurs de plus de 6 m et dans le cas des profils en travers de faible largeur, deux problèmes doivent être traités :

- stabilité verticale et mise en compression des blocs afin d'assurer une mise en œuvre correcte des blocs supérieurs ;
- stabilité latérale de l'ouvrage.

Pour régler ce double problème, on réalise soit une assise intermédiaire en béton de 0,10 m d'épaisseur armée d'un simple treillis liée à une longrine, soit un réseau de longrines transversales et longitudinales.

1.2 - Remblais routiers avec vides - Massifs de largeur importante et massifs à double paroi verticale.

On retrouvera les mêmes options relatives aux problèmes de hauteur (≤ 6 m et > 6 m).

Dans ce cas de figure, il est intéressant d'utiliser la technique des discontinuités sur chacune des rangées croisées, ce qui permet de diminuer les volumes d'EPS de 15 à 35 %. Ainsi il est nécessaire d'utiliser un polystyrène expansé de haute densité selon le brevet n° 97920772.7 et répondant aux critères donnés au paragraphe 2.

Un programme de calcul interne SCREG permet de déterminer les largeurs des vides, couche par couche, en fonction des charges statiques permanentes et du trafic.

Avant d'utiliser cette technique avec vides il est impératif de faire une analyse de risques notamment en matière d'incendie et de prendre des précautions nécessaires notamment lors de l'exécution.

2. MATÉRIAUX UTILISÉS - CARACTÉRISTIQUES

a) Remblais routiers continus :

► Utilisation d'EPS de qualité EPS 90 selon la norme NF EN 14933

$\sigma_{10} \geq 90$ kPa à 10 % de déformation. « σ_{10} est la contrainte en compression à 10 % de déformation » (norme NF EN 14933).

Masse volumique apparente sèche environ 19 kg/m³

b) Remblais routiers avec vides :

- Utilisation d'EPS de qualité EPS 120 selon la norme NF EN 14933
- $\sigma_{10} \geq 120$ kPa à 10 % de déformation
- Masse volumique apparente sèche environ 23 kg/m³

NOTA : Pour des remblais à faibles sollicitations (zones piétonnières par exemple), on peut utiliser un EPS de qualité EPS 70 selon la norme NF EN 14933.

- $\sigma_{10} \geq 70$ kPa à 10 % de déformation
- Masse volumique apparente sèche environ 15 kg/m³

3. MISE EN OEUVRE**3.1 - Travaux confortatifs**

Suivant la configuration de talus arrière, il peut être nécessaire de conforter ce dernier. Le plus souvent on utilise une paroi clouée (clouage plus béton projeté).

Par ailleurs, selon les données hydrologiques, il est nécessaire de réaliser des drains subhorizontaux et dans certains cas des éperons drainants.

Tous ces éléments dépendent de la configuration locale et sont déterminés à partir des études géologiques et géotechniques.

3.2 - Lit de pose

Avant la mise en œuvre des matériaux constitutifs du lit de pose, on réalise un réglage grossier du fond du terrassement avec constitution de pente en travers, mais il n'est pas nécessaire de réceptionner le fond de forme par essais de portance.

La qualité de celui-ci dépend du contexte.

Pour un massif autostable, un sable 0/6 concassé permet une facilité de réglage.

Dans le cas des remblais contigus à des talus, le sable 0/6 concassé est à exclure pour des problèmes de glissement, et doit être remplacé, suivant les conditions, par un matériau 20/40 concassé ou 40/70 concassé.

Un drain longitudinal avec des sorties transversales est indispensable.

3.3 - Montage du remblai

Les plans de calepinage détaillés de l'étude d'exécution indiquent tous les éléments permettant de faciliter la pose des blocs.

Les tolérances dimensionnelles des blocs de base sont celles de la norme NF EN 14933 mais il faut tenir compte également des conditions météorologiques qui voilent les blocs sur chantier.

L'interface entre le talus arrière et les blocs d'EPS est en général assuré par un remplissage grossier constitué de chute d'EPS. Ainsi le drainage efficace de la partie du massif est correctement réalisé et il n'y aura aucune poussée sur ce dernier, si le chapitre 3.1 est bien respecté.

3.4 - Repérage des blocs = cahier de pose :

3.4.1 – A la fabrication, l'usine repère sur chaque bloc les éléments suivants :

- date de fabrication
- classe d'EPS
- poids
- N° de fabrication ou de la série
- dimensions du bloc

3.4.2 - Pour le chantier, les blocs sont tous repérés par le plan de calepinage, couche par couche, et par le listage des dimensions couche par couche.

3.5 - Contrôle

3.5.1 - En usine

L'usine fournit à SCREG son plan de contrôle qualité ainsi que ses fiches de contrôle (FTP, CE, etc.) et les fiches de contrôle des lots fabriqués.

3.5.2 - Sur chantier

Un PAQ chantier définit les niveaux de contrôles de l'entreprise

- Contrôle interne
- Contrôle externe

L'entreprise est certifiée ISO 9001 version 2000

4. DOMAINES D'EMPLOI

Les applications peuvent être regroupées en trois grands domaines.

4.1 - Limitation des charges verticales

- Sur sols compressibles, en réparation ou en construction neuve, la substitution de tout ou partie d'un remblai classique par du COMPOSTYRENE® permet de réduire ou d'éviter les tassements, en particulier à proximité des points durs tels que les culées d'ouvrage d'art où les tassements différentiels sont inacceptables et où les efforts horizontaux et les frottements négatifs doivent être limités.

En construction neuve, COMPOSTYRENE® permet des remblais d'accès qui peuvent réduire la longueur des ouvrages d'art.



- En rechargement ou en allègement d'ouvrages de génie civil (dalles, conduites, voûtes de tunnel) qui ne peuvent supporter les surcharges permanentes créées par un remblai classique.



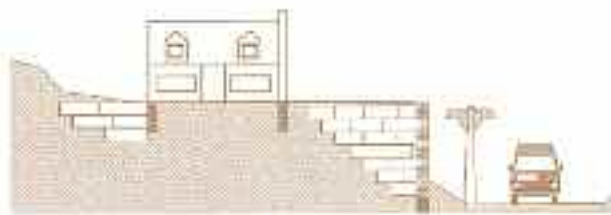
4.2 Stabilisation de glissement de terrain

La réalisation d'un remblai COMPOSTYRENE® permet l'allègement de la partie motrice du glissement. Ceci autorise la reconstitution géométrique des voies emportées par le glissement de terrain ou l'élargissement de la chaussée sur un versant instable tout en réduisant les travaux de soutènement et en améliorant les coefficients de sécurité.



4.3 Réduction des poussées horizontales et limitation d'emprise

Grâce à la faible densité du polystyrène expansé et l'absence de retransmission horizontale des efforts verticaux (coefficient de Poisson quasi-nul), le COMPOSTYRENE® permet la réduction des poussées à l'arrière des murs de soutènement ou de fondations, ainsi que la réalisation des remblais à parois verticales stables permettant des réductions d'emprise.



5. DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

Le dimensionnement est défini par le bureau d'études SCREG en fonction de l'analyse des dossiers géologiques et géotechniques s'appuyant sur des sondages. Ce dimensionnement doit être systématiquement vérifié par un bureau d'étude de mécanique des sols indépendant, notamment pour les applications sur sol compressible et les glissements de terrains.

La méthodologie de conception et le contrôle extérieur systématique permet au maître d'ouvrage de bénéficier d'une garantie décennale visée par les articles (ou les principes dont s'inspirent les articles) 1792 et suivants du Code Civil.

La maîtrise de cette conception et ce contrôle extérieur systématique permettent à SCREG de pouvoir faire bénéficier le maître d'ouvrage d'une **garantie décennale** qui n'est pas fréquente pour ce type de travaux.

6. DISPOSITIONS PRISES PAR L'ENTREPRISE POUR ASSURER LA QUALITÉ

Un manuel QSE (Qualité – Sécurité – Environnement) complet traite de la préparation, de la réalisation et du contrôle des remblais en COMPOSTYRENE®.

7. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES ESSENTIELLES EUROPÉENNES

Les EPS (type EPS 70, 90, 100, 120) utilisés dans le COMPOSTYRENE® satisfont aux exigences essentielles définies par le décret N° 92 647 du 8 juillet 1992 concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction pendant leur durée de vie et font l'objet d'un marquage CE de l'usine de fabrication. Ils sont en conformité avec la norme NF EN 14933.

8. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX, DE SANTE ET D'HYGIENE

Mobilisés par les enjeux du développement durable, les industriels d'EPS ont fait le choix citoyen de s'engager dans une démarche HQE (haute qualité environnementale). Ils ont donc confié la réalisation des FDES (fiches de données environnementales et sanitaires) à ÉCOBILAN, organisme reconnu dans ce domaine ce qui leur permet d'affirmer que l'EPS peut s'inscrire dans tout projet HQE.

Les fabricants de l'EPS s'engagent pour que l'environnement soit préservé à toutes les étapes du cycle de vie de l'EPS, de la fabrication à la valorisation. La production ne nécessite que très peu d'énergie car il est composé de 98 % d'air.

Ne contenant ni CFC (Chlorofluorocarbure) ni HCFC (Hydrochlorofluorocarbure), l'EPS préserve la couche d'ozone. Inerte chimiquement et bactériologiquement, l'EPS est sans danger pour la santé et ne génère aucune pollution de la nappe phréatique et des eaux de ruissellement au contact de ce produit.

Il est 100 % recyclable.

9. QUELQUES CHANTIERS DE REFERENCE

| | |
|---|---------|
| • Remblai sur sol compressible du Pont des 4 Canaux à PALAVAS LES FLOTS (34) | en 1983 |
| • Stabilisation d'un glissement à ABONDANCE RD 22 (74) | en 1987 |
| • Remblai à double parements verticaux à Crillon le Brave RD 974 (84) | en 1990 |
| • Remblai sur conduite forcée à Saint Claude LACRA (39) | en 1991 |
| • Remblai sur sol compressible RN 154 - Ouvrage SNCF à EVREUX (27) | en 1994 |
| • Remblai sur sol compressible RN 504 TENAY (01) | en 1996 |
| • Remblai sur tranchée couverte BPNL Rue Mouillard (69) | en 1996 |
| • Confortement et stabilisation d'un glissement de terrain RD 35 GERVAIS (38) | en 2003 |
| • Élargissement de voie Centre Cardio Respiratoire GORBIO (06) | en 2003 |
| • Élargissement de voie sur sol compressible RD 414 LES CAPPAN (06) | en 2003 |
| • Stabilisation de glissement de terrain RD 10 POITIERS (86) | en 2004 |
| • Allègement d'un ouvrage SNCF ligne TGV EST à TRIAUCOURT (57) | en 2004 |
| • Stabilisation de glissement de terrain MONTIGNY LE BRETONNEUX (78) | en 2004 |
| • Remblai sur sol compressible RD 514 COLOMARS (06) | en 2004 |
| • Allègement d'un ouvrage SNCF à SAINT OUVEN (93) | en 2005 |
| • Allègement d'un ouvrage d'art amont de BONNEVILLE (74) | en 2005 |
| • Confortement et élargissement de voie à FAYENCE RD 563 (83) | en 2005 |
| • Remblai sur sol compressible à l'usine Place à VAUJOURS (93) | en 2005 |
| • Remblai sur sol compressible RD 1091 BOURG D'OISANS (38) | en 2006 |
| • Remblai sur sol compressible RD 69 SALLERTAINE (85) | en 2006 |
| • Remblai allégé sur une dalle de parking à RENNES (35) | en 2006 |
| • Réduction des poussées horizontales contre un mur à LIVRY GARGAN (93) | en 2006 |
| • Remblai allégé sur une dalle de parking à CARCASSONNE (11) | en 2007 |
| • Remblai allégé sur la dalle du bâtiment technique du Tunnel du LIORAN RN 122 (15) | en 2007 |
| • Limitation d'emprise, Réduction des poussées, Hôpital St Anne TOULON (83) | en 2007 |
| • Élargissement de voie et création d'un giratoire RD 6007 ROQUEBRUNE (06) | en 2007 |
| • Allègement d'un ouvrage d'art RD 60 UKANGE (57) | en 2007 |

10. CONSTITUTION DE CHAUSSEE

Pour la constitution des chaussées, l'expérience a montré qu'il faut considérer une plage utile d'environ 25 % de σ_{10} . Ceci permet de limiter la charge statique de la chaussée à une valeur correspondante à une contrainte de 0,6 % de déformation.

L'expérience amène donc à dimensionner toutes les chaussées (assise béton comprise) avec une épaisseur de 50 cm (épaisseur minimum 35 cm et maximum 80 cm) afin d'obtenir une charge suffisante pour mettre en compression les blocs d'EPS pour profiter de toutes les surfaces de contact et pour assurer un bon coefficient de frottement entre les blocs. D'autre part, la surépaisseur acceptable de 30 cm permet de rattraper les profils en travers pour assurer les dévers de la chaussée.

La base de la chaussée est constituée d'une assise en béton de type C30 sur une épaisseur variable de 10 à 15 cm suivant le type d'utilisation. Cette assise comporte un treillis soudé de type ST40C placé à la base de la couche pour 15 cm et un ST65C pour une assise de 10 cm d'épaisseur.

Les couches traditionnelles de chaussée seront ensuite réalisées.

Il y a la possibilité d'effectuer une structure de chaussée sans assise en béton. Dans ce cas un dimensionnement spécifique est nécessaire afin d'assurer la descente des charges adaptée au projet. Les blocs en EPS sont protégés contre les infiltrations d'hydrocarbures par des membranes étanches.

11. LES DISPOSITIFS DE PROTECTION

Les systèmes de murets et de longrines sont dimensionnés et prévus pour recevoir une glissière de sécurité de type GS2 dont la résistance est calculée en fonction du choc conventionnel.

Dans certains cas cette glissière peut être remplacée par une glissière béton type GBA glissante de 60 cm ou surmontée d'une glissière acier ou bois.

12. PAREMENTS

Plusieurs types de parements sont proposés afin de protéger l'EPS des rayons ultra-violets. On retient le plus souvent des bétons projetés, des enduits, des pierres, des tôles, ou, dans certains cas, des bardages en Sapin du Nord autoclave de classe 3 ou 4. Ils ne participent pas à la stabilité des massifs. Pour les talus une protection minimum de 50 cm est réalisée en matériaux argileux.

Le type de parement est aussi choisi en fonction de l'environnement du chantier notamment vis-à-vis des incendies.

13. PRÉCAUTIONS PARTICULIÈRES

a) Vis-à-vis des rongeurs

Tous les suivis réalisés depuis 25 ans montrent qu'il n'y a pas de cavité engendrée par des rongeurs.

b) Construction sous eau

Si la base des remblais risque de se trouver dans la nappe phréatique, il y aura lieu de faire un calcul de poussée d'Archimède ou d'utiliser des SAUL (structures alvéolaires ultralégères).

c) Feu

Le matériau EPS est combustible, mais ne propage pas le feu si la cause de l'incendie est éliminée. Pour qu'il y ait risque qu'un feu prenne sur l'EPS, il faut une flamme persistante pour créer en présence d'oxygène un point chaud. La conception du remblai doit être réalisée de façon à ce que la quantité d'oxygène disponible dans les blocs d'EPS soit insuffisante pour permettre au feu de s'étendre. Lors de l'application de la technique avec vides, le PPSPS (Plan particulier de sécurité et de protection de la santé) doit obligatoirement en tenir compte.

D'après le système européen harmonisé de classification des produits selon leur réaction au feu, l'EPS est classé « E ».

Les représentants du constructeur (y compris ses éventuels sous-traitants) et du donneur d'ordre doivent établir un permis de feu contradictoirement et préalablement à tous travaux par point chaud pour identifier les risques spécifiques à chaque intervention et définir les moyens à mettre en œuvre pour la prévention des dangers d'incendie. Par exemple, il est interdit de fumer, d'utiliser un chalumeau ou toute autre source de feu sur le chantier.

d) Hydrocarbures

L'EPS est sensible aux hydrocarbures. Il est donc important de réaliser des pentes et des caniveaux pour évacuer de grandes quantités en cas d'accident.

e) Agressions extérieures

Une protection latérale est obligatoire pour prévenir les agressions extérieures et l'attaque par les UV.

14. PROTECTION VIS-À-VIS DU VENT

Une note de calcul qui prend en compte le renversement par l'action du vent et des forces centrifuges provoquées par les véhicules, a été établie dans le cas des remblais à double parois verticales.

Le calcul limite à un ratio :

$$\frac{\text{largeur du remblai}}{\text{hauteur du remblai}} = \frac{10}{9}$$

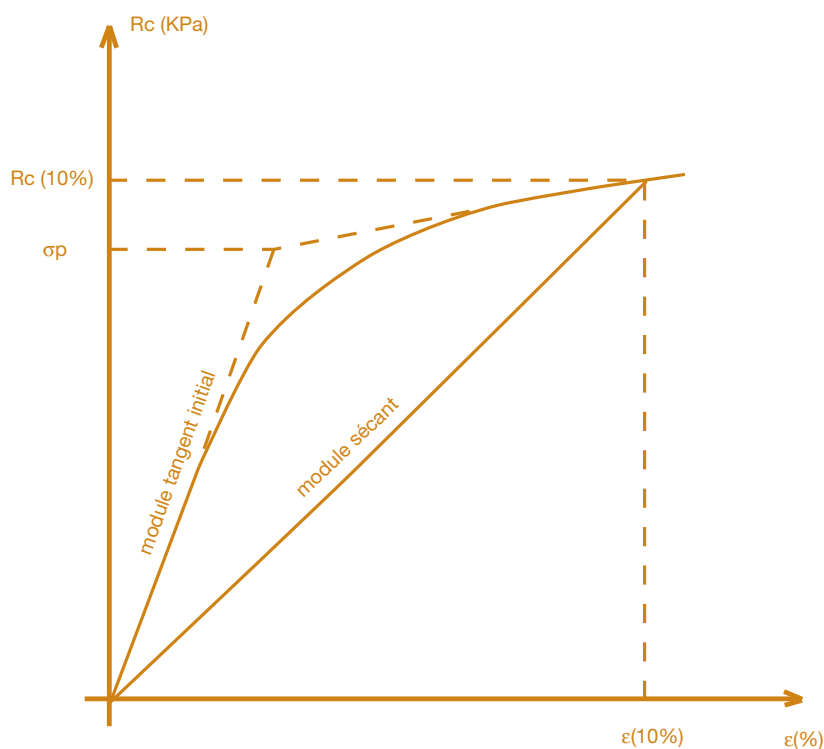
L'entreprise a décidé d'intégrer une sécurité supplémentaire de 20 % et de fixer le rapport

$$\frac{\text{largeur}}{\text{hauteur}} \text{ à } \frac{10}{7}$$

II – RESULTATS D'ETUDES – CARACTERISTIQUES DU PRODUIT ET DU PROCEDE – REFERENCE

1. RESULTATS D'ETUDES

Après une première version datant de 1978, la norme NF T 56-201 de juillet 1988, élaborée pour les applications du polystyrène expansé dans l'industrie de l'emballage et dans le bâtiment, classe ce matériau léger et isolant en sept références repérées AM à GM pour des plaques découpées, et six références, BC à GC, pour des plaques moulées en continu.



Courbe "contrainte-déformation" lors d'un essai de compression

Cette norme a été remplacée par la norme NF EN 13163 en août 2002.

En mai 2008 apparaît une nouvelle norme européenne (NF EN 14933) relative aux produits utilisés pour « l'isolation des bâtiments, de leurs équipements, des installations industrielles et des applications du génie civil ». Elle complète la norme NF EN 13163 et « spécifie les exigences auxquelles doivent satisfaire les produits manufacturés en polystyrène expansé utilisés pour l'isolation thermique des routes, des chemins de fer, des zones à forte circulation, des remblais allégés pour la réduction de la poussée verticale et horizontale des terres et autres applications du génie civil ».

Ces documents divisent en différents « types » les produits en polystyrène expansé. Chaque type doit satisfaire deux conditions différentes en même temps afin de garantir les performances du produit.

Ces deux conditions qui définissent la classification des produits EPS sont :

- la contrainte en compression σ_{10} (kPa). L'essai consiste à « comprimer l'éprouvette à l'aide du plateau mobile à une vitesse constante de déplacement égale à $d/10$ par minute avec une tolérance de ± 25 %, d étant l'épaisseur de l'éprouvette en millimètres. Conduire l'essai jusqu'à la limite de résistance de l'éprouvette et en déduire une valeur de la résistance à la compression, ou jusqu'à 10 % de déformation relative et en déduire une contrainte en compression à 10 % de déformation relative » (Norme NF EN 826), et
- la résistance à la flexion (kPa).

La norme NF EN 14933 fournit d'autres informations pour notre domaine d'application:

- la méthode de détermination du comportement sous charge cyclique à onde carrée de l'EPS y est décrite. Cet essai de fatigue est destiné aux matériaux utilisés pour les remblais de voie ferrée.
- « Les produits EPS répondant aux exigences [de la classification des produits EPS (tableau C1 de l'annexe C de la norme NF EN 14933)] sont censés présenter une déformation de fluage en compression de 2 % au maximum après 50 ans, s'ils sont soumis à une contrainte en compression permanente de $0,30.s10$ » (norme NF EN 14933). La vitesse de fluage diminue au cours du temps. Elle augmente naturellement avec la valeur de la contrainte appliquée et la température, mais elle diminue notablement lorsque la masse volumique de l'EPS augmente.
- « L'EPS répond aux exigences de composition données dans le document de travail du Service de la Commission « Produits de construction et réglementations sur les substances classées comme dangereuses ».
- Lors de l'installation de produits EPS, aucune précaution particulière ne doit être prise par les opérateurs, puisqu'il ne s'agit pas de produits irritants ou toxiques.
- Les produits EPS peuvent aisément être coupés sur site à l'aide d'outils de découpe normaux. » (Norme NF EN 14933).

Lors des études réalisées en laboratoire par le LRPC d' Aix en Provence entre 1982 et 1989, il est apparu très rapidement que les grandeurs des caractéristiques de l'EPS dans la norme ne sont pas satisfaisantes afin de caractériser le comportement mécanique dans les applications routières.

Il reste à considérer les valeurs des paramètres suivants :

- le module tangent initial E ($6 \pm 1,5$ MPa pour un EPS de masse volumique $\rho = 20$ kg/m³)

De plus, les nombreux essais réalisés ont permis d'affiner les caractéristiques des types d'EPS de la norme. Ainsi :

Si la vitesse de compression influe notablement sur la courbe de déformation, elle n'altère pratiquement pas celle du module tangent E.

Les cycles de chargement – déchargement effectués dans le domaine élastique d'EPS n'engendrent pas de déformations irréversibles.

En conclusion des études de laboratoire et des expériences réalisés sur 25 ans ainsi que des caractéristiques forfaitaires des produits EPS utilisables pour des applications routières sont aujourd'hui définies ; elles conduisent à éliminer certaines classes de la norme, ne respectant pas les seuils suivants :

- Résistance à la compression ≥ 90 kPa
- Masse volumique sèche ≥ 19 kg/m³
- Enfin le coefficient de frottement entre blocs d'EPS est de l'ordre de 0,5, ce qui correspond à un angle de frottement proche de 27°.

NOTA 1 : Un bloc d'EPS maintenu en immersion de longue durée peut absorber de l'eau en quantité telle que sa masse volumique apparente atteigne 100 kg/m³. L'ascension capillaire de l'eau dans l'EPS est négligeable.

NOTA 2 : Pour certains cas piétonniers par exemple, l'utilisation d'EPS moins dense peut être envisagée.

Parallèlement aux études de laboratoire, des essais en vraie grandeur ont également été réalisés : par exemple, le remblai d'essai édifié en 1983 dans le cadre des études de la construction en site compressible de l'échangeur de Mandelieu sur l'autoroute A8.

Cette expérience, qui a permis de comparer le comportement d'un ouvrage allégé et celui d'un remblai classique, s'est avérée particulièrement concluante en faveur du premier, tant sous charge constante que sous sollicitations dynamiques. Elle a également constitué une première référence adoptée par la DDE de l'Hérault pour l'ouvrage de Palavas-les-Flots réalisé à la fin de 1983.

On citera enfin les pratiques développées en Norvège dès 1970 et d'autres études réalisées par des laboratoires universitaires dans le cadre de recherches appliquées.

Le travail de nombreux centres de recherche dans le monde ayant réalisé des études et des chantiers représentatifs permettent de moderniser cette technique aujourd'hui également en France (on citera surtout l'Allemagne, les Pays Bas, les États-Unis et le Japon).

2. CARACTERISTIQUES DU COMPOSTYRENE

COMPOSTYRENE® est un ensemble composé de produits mis en œuvre selon un procédé totalement établi.

Pour les applications routières, les EPS utilisés sont du type EPS 90, selon la norme NF EN 14933, et ont les caractéristiques minimales en accord avec les spécifications indiquées précédemment, à savoir :

- $\rho =$ environ 19 kg/m³
- $\sigma_{10} = 90$ kPa
- E = environ 6 MPa

Pour les remblais de grandes largeurs, une fabrication du type EPS 120 offre des caractéristiques minimales supérieures :

- ρ = environ 23 kg/m³
- σ_{10} = 120 kPa
- E = environ 8 MPa

Celles-ci autorisent des espacements entre blocs. Avant d'être mise en œuvre lors de la construction d'ouvrages réels, cette technique a fait l'objet d'essais sur des plots isolés, et une note de calcul de l'entreprise en justifie les nouvelles dispositions.

Par ailleurs, la limitation des charges supportées par les blocs, à seulement 25 % de σ_{10} (ce qui correspond à une contrainte à 0,6 % de déformation), valeur en deçà de la valeur limite fixée à 0,3 σ_{10} , garantit un bon comportement des ouvrages vis-à-vis du fluage. Des vérifications ont été faites par instrumentation sur certains remblais.

NOTA : Si le remblai ne supporte pas de charges routières de type PL, la valeur de la contrainte à la compression à 0,6 % de déformation sera ramenée à la contrainte à 0,9 % de déformation, ce qui reste toujours dans la partie linéaire de la zone de comportement élastique du matériau.

En fonction du type de projet une étude de dimensionnement sera réalisée au cas par cas.

Dans d'autres pays européens un certain phénomène de fluage d'EPS est accepté dans le domaine routier car il reste négligeable sur 50 ans et est facilement rattrapable lors des travaux d'entretien de la couche de roulement. L'application de cette théorie permet d'admettre des charges plus importantes sur un remblai en EPS que celles autorisées à 25 % de σ_{10} .

Le procédé de mise en œuvre a été élaboré au fil des réalisations qui, à ce jour, totalisent plus de 250 ouvrages (remblais sur sols compressibles, sur ouvrages enterrés, franchissements de zones instables, allègement de dalles, élargissement de voiries, limitations d'emprises), représentant un volume de l'ordre de 250 000 m³.

Il est entièrement décrit dans un Manuel Qualité – Sécurité – Environnement adapté à chaque projet d'ouvrage, et qui spécifie notamment l'organisation générale d'entreprise, l'identification et la réception des blocs en EPS utilisés, les points d'arrêt, la gestion des non conformités ainsi que les procédures de préparation et de suivi de chantier.

Des notes de calcul justifient le dimensionnement de l'assise en béton et le plan de calepinage de chaque ouvrage.

Une étude géotechnique est également établie pour tout ouvrage sur sols compressibles ou lors du franchissement d'une zone instable. Outre la justification de l'allègement, ce rapport traite également de la stabilité externe de l'ouvrage et des dispositions confortatives telles que le clouage de la fouille et le drainage.

COMPOSTYRENE® apparaît donc comme un ensemble cohérent et fiable, mettant en œuvre selon une technique totalement maîtrisée des produits aux caractéristiques supérieures aux minima exigés pour les applications routières des EPS. Les dimensionnements propres à chaque cas sont justifiés selon les règles ou les méthodes en usage.

3. RÉFÉRENCES

Deux ouvrages ont été retenus par le Comité pour faire objet d'une enquête.

| Année | Localisation | Département | Nature du problème traité |
|-------|---------------------------|-------------|---|
| 1996 | BNPL de Lyon | 69 | Recouvrement d'une tranchée couverte (270 m ³ de COMPOSTYRENE®) |
| 2007 | RN 122 – Tunnel du Lioran | 15 | Habillage de la tête de l'ouest du tunnel du Lioran et allègement de la dalle du bâtiment technique (8 250 m ³ de COMPOSTYRENE®) |

III - AVIS DU COMITE

COMPOSTYRENE® est un procédé de remblai léger utilisé sur sols compressibles ou instables, ou pour diminuer les surcharges permanentes d'ouvrages de génie civil.

L'Avis précédent avait porté sur des remblais légers réalisés depuis 1983. Vingt nouvelles références ont été ajoutées. Elles concernent des chantiers de stabilisation de glissement de terrain, de remblais sur sols compressibles, d'élargissement de chaussée ainsi que des allègements d'ouvrages.

1. CARACTÉRISTIQUES DU PRODUIT ET DU PROCÉDÉ

1.1 Produit

Les caractéristiques du produit COMPOSTYRENE® sont définies au Chapitre 1 § 2.

Pour les remblais routiers continus (sans vides) ou pour les remblais à faibles sollicitations, on utilise respectivement deux classes de produits définis dans la norme NF EN 14933 : EPS 90 et EPS 70.

Pour les remblais routiers discontinus (avec vides), l'Entreprise utilise l'EPS 120 conforme à la norme NF EN 14933, produit ayant fait l'objet du brevet n° 97920772.7.

Sur chantier, il convient de vérifier la conformité des produits à ces classes.

Sous réserve de la vérification de la nature des produits qu'il est prévu d'utiliser en fonction de l'ouvrage, les études de laboratoire et les essais en vraie grandeur ont montré que ces produits ont des caractéristiques satisfaisant une utilisation routière.

1.2 Procédé

Au niveau des études, la procédure définie par l'Entreprise comprend :

- une étude géologique et géotechnique du site (y compris l'aspect hydrologique),
- le dimensionnement des ouvrages réalisés par le bureau d'études de l'Entreprise qui propose un projet de conception, ce dernier étant validé, si nécessaire, par un bureau de mécanique des sols extérieur à l'Entreprise.

Pour la technique des remblais avec vides, un programme de calcul permet de déterminer les largeurs des vides possibles en fonction des charges statiques permanentes et du trafic.

Au niveau de la réalisation sur chantier, l'Entreprise met en application son manuel QSE ; elle s'appuie également sur les documents définissant l'état de l'art de la technique.

Quel que soit le cas – remblais avec ou sans vides -, le procédé COMPOSTYRENE® apparaît bien maîtrisé par l'Entreprise qui peut proposer d'ailleurs au Maître d'œuvre une garantie décennale des ouvrages.

2. COMPORTEMENT EN PLACE

2.1 Résultat des enquêtes

S'agissant du renouvellement de l'Avis technique n°134, la liste des ouvrages ayant fait l'objet de relevés visuels est donnée au Chapitre II § 3.

Toutes les enquêtes effectuées sur les ouvrages sélectionnés par le CFTR aboutissent à la même conclusion : l'utilisation et la mise en œuvre du COMPOSTYRENE® lui-même en remblais n'a donné lieu à aucune pathologie ; il n'y a aucune déformation des massifs mis en œuvre, ni tassement imprévisible, si on respecte les données de l'Avis Technique. Le comportement de COMPOSTYRENE® dans les ouvrages est donc satisfaisant.

2.2 Durabilité

Depuis près de trente ans, l'Entreprise a réalisé en France plus de 250 chantiers en COMPOSTYRENE®. Sous réserve de respecter les dispositions constructives et la protection contre les agressions extérieures, notamment la protection vis-à-vis des UV ou des produits dissolvants (hydrocarbures), le COMPOSTYRENE® ne pose pas de problème de durabilité à l'échelle de la durée de vie d'un ouvrage routier.

A ce jour, on n'a pas relevé de désordre imputable à une évolution des caractéristiques dans le temps du COMPOSTYRENE®.

3. DOMAINE D'UTILISATION ET LIMITES D'EMPLOI

Les diverses utilisations proposées par l'Entreprise sont données dans le Chapitre I § 4 et correspondent à trois fonctions principales :

- limitation des charges verticales ;
- stabilisation des glissements de terrains ;
- réduction des poussées horizontales et limitations d'emprises.

Les chantiers réalisés à ce jour sans désordre confirment le domaine d'utilisation proposé.

Les limites d'emploi de la technique à base de COMPOSTYRENE® sont d'ordre techniques et économiques :

- au plan technique : la plus forte épaisseur de COMPOSTYRENE® mise en œuvre à ce jour est de 23 mètres. Des hauteurs de remblais aussi importantes nécessitent une étude spécifique. Par ailleurs, la mise en place de COMPOSTYRENE® sous le niveau de l'eau doit se faire avec la plus grande prudence, après vérification de la poussée d'Archimède . Il convient également de limiter les charges permanentes appliquées sur le COMPOSTYRENE®, conformément aux prescriptions du Chapitre II § 1.
- au plan économique : cette technique, d'un coût relativement élevé par rapport aux remblais classiques, reste compétitive face aux techniques habituelles de confortement.

4. PROCEDURES A RESPECTER

Le Maître d'œuvre doit veiller particulièrement aux points suivants :

- existence d'une étude préalable de nature géotechnique et le cas échéant hydrologique ou hydraulique ;
- existence de l'étude de dimensionnement du remblai et des ouvrages annexes ;
- vérification de la conformité des produits utilisés aux caractéristiques des normes et aux prescriptions du marché ;
- contenu du PAQ et du PPSPS de l'Entreprise et contrôle de leur application effective au chantier.

Dans le cas où l'Entreprise assure le rôle de concepteur, elle peut faire bénéficier le Maître d'ouvrage d'une garantie décennale.

Enfin, à l'issue du chantier, le Maître d'œuvre doit prévoir un suivi de l'ouvrage par des visites périodiques : contrôle visuel, relevé des déformations éventuelles, désordres sur le remblai lui-même ou sur les ouvrages annexes.

5. DOCUMENTS ET REFERENTIELS TECHNIQUES EXISTANTS

- Guide technique CFTR, édité par le SETRA en septembre 2006 : Utilisation du polystyrène expansé en construction routière ».
- Bulletin d'information technique – Direction du laboratoire des chaussées – Québec – novembre 1996 – Technique de Pneusol pour contrer l'effet Marston.
- Norme NF EN 14933 : Produits isolants thermiques et de remblayage pour les applications de génie civil - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécifications. AFNOR, mai 2008.
- Norme NF EN 13163 : Produits isolants thermiques et de remblayage pour le bâtiment - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) – Spécifications. AFNOR, avril 2009.
- Norme NF EN ISO 845 : Caoutchouc et plastiques alvéolaires – détermination de la masse volumique apparente. AFNOR, juillet 1995.
- Norme NF EN ISO 826 : Caoutchouc et plastiques alvéolaires – détermination du comportement en compression. AFNOR, septembre 1996.
- Norme NF EN ISO 1923 : Plastiques et caoutchouc alvéolaires – détermination des dimensions linéaires. AFNOR, juillet 1995.
- Ministère de l'Équipement et du Logement – Cahier des prescriptions Communes (CPC) – Fascicule 61 : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, article 31.1.4, décembre 1968
- Règles BAEL 91 (modifiées 99): Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites – Paris CSTB, mars 1992
- Remblais et fondations sur sols compressibles : MAGNAN JP – ENPC -1984

- New techniques for building embankments on soft soils ; Chapter 5, in “Embankments on soft clays”, Bull of the public Works Res. Cent (KEDE), Athens, Special Publication, DELMAS P – MAGNAN JP – SOYEZ B, 1987
- Plastic foam in road embankments. Norwegian Road Research Laboratory, Oslo, Meddelelse, 61, FRYDENLUND TE – MYHRE O – REFSDAL G – AABOE R, 1987
- Conference on plastic foam in road embankments Preprints, Norwegian Road Research Laboratory, Oslo June 1985
- Remblais légers en polystyrène expansé, Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, série thématique, 1985 REF : TH REM LEG
- Polystyrene foam fill. Deflections, friction, impact, Norwegian Road Research Laboratory, International. Report, 801 avril 1978 : FLYNN RT
- Mechanical properties of expanded polystyrene as a lightweight fill materiel. Proceedings, 9th Southeast Asian Geotechnical Conference, Bangkok, décembre 1987: HAMADA E – YAMAMOUCI T.
- Propriétés mécaniques du polystyrène expansé pour ses applications en remblai routier, Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n°164, novembre 1989 : MAGNAN JP – SERRATRICE JF

Document réalisé et édité par le Comité Français pour les Techniques Routières
CFTR - 10 rue Washington - 75008 PARIS - France
Téléphone : 01 44 13 32 84 - Télécopie : 01 42 25 89 99
E-mail : cftr@usirf.com - Internet : www.cftr.asso.fr

Disponible en téléchargement sur www.cftr.asso.fr
Référence du document : **RA 0903**