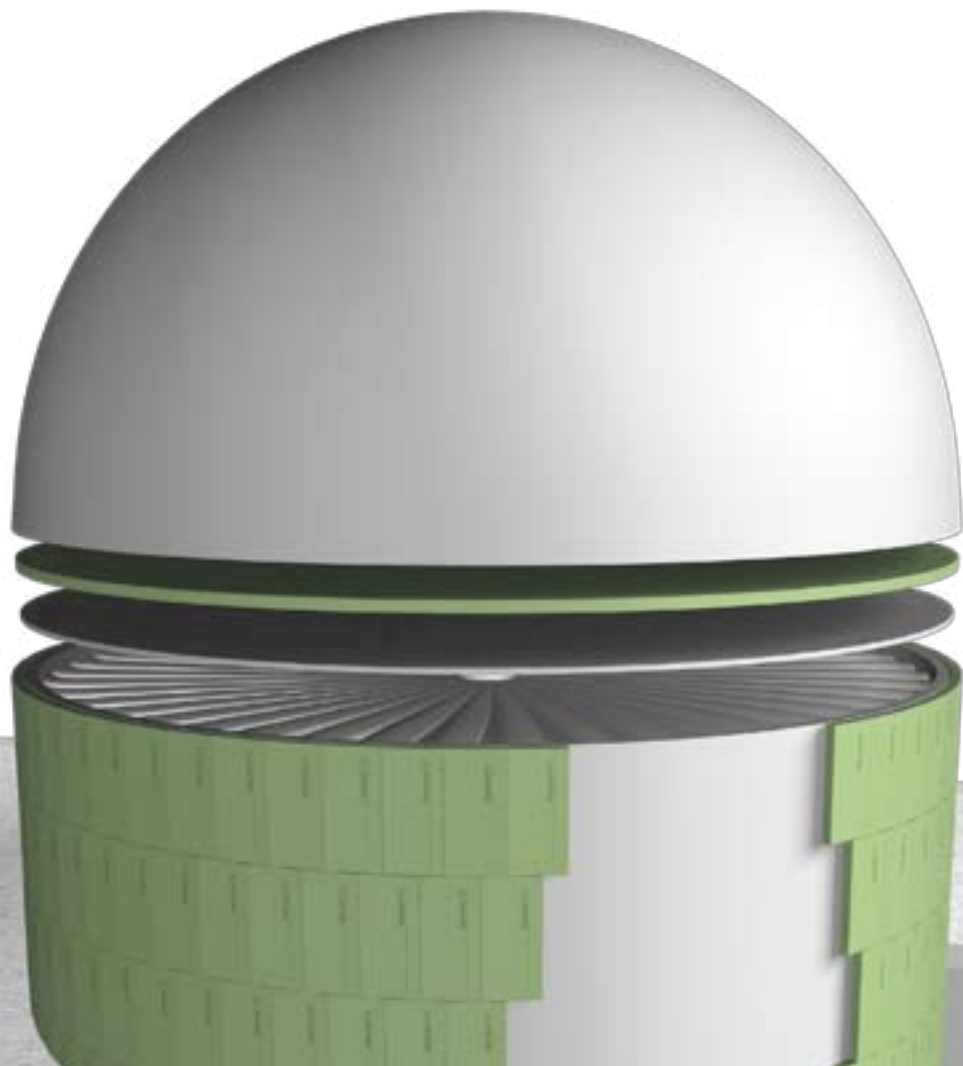


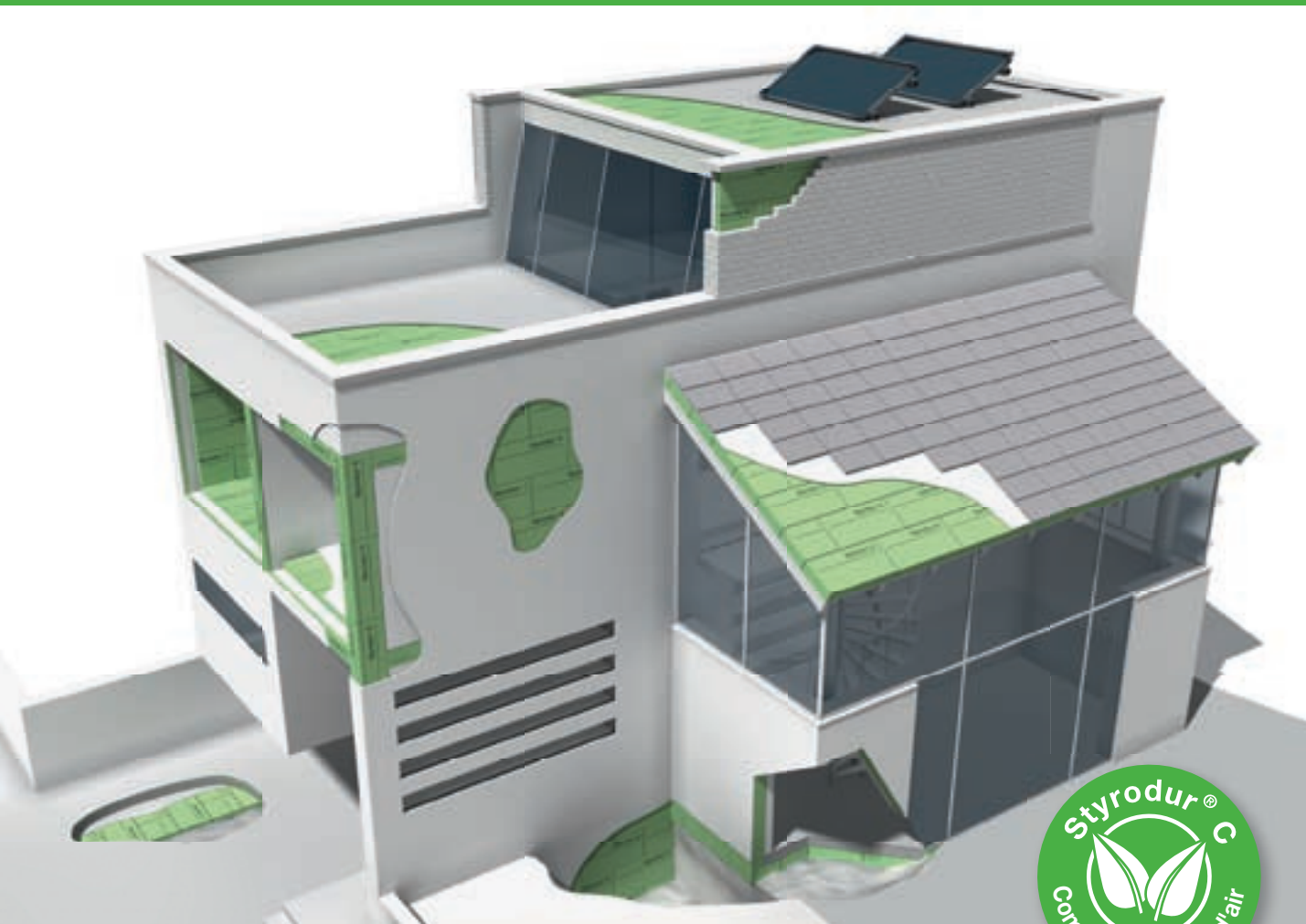
Isolation thermique d'installations de production de biogaz



1	L'isolant Styrodur® C	3
2	Isolation d'installations de production de biogaz	4
2.1	Isolation thermique d'installations de production de biogaz	4
2.2	Exigences imposées aux isolants thermiques dans les installations de production de biogaz	4
2.3	Composition du biogaz et propriétés du Styrodur C	4
2.4	Types de fermenteurs	5
2.5	Températures de procédé et avantages du Styrodur C	5
3	Mise en œuvre de Styrodur C	5
3.1	Domaines d'application du Styrodur C sur un fermenteur	5
3.2	Indications relatives à la diffusion de la vapeur d'eau	6
3.3	Isolation thermique de la dalle de fondation	6
3.4	Isolation thermique de la paroi du fermenteur enterré	7
3.5	Collage et profondeurs de montage des plaques en Styrodur C	7
3.6	Remplissage des excavations, couches de drainage et d'équilibrage de la pression de vapeur	8
3.7	Isolation thermique avec écran contre le gel	8
3.8	Isolation thermique de la paroi du fermenteur par rapport à l'air extérieur	8
3.9	Isolation thermique de couvercles de fermenteurs praticables et avec des plantations	9
3.10	Isolation thermique entre le fermenteur et le couvercle en feuille à accumulation de gaz	9
3.11	Indications physiques de construction pour l'isolation intérieure de pièces en béton d'installations de production de biogaz	9
4	Propriétés du Styrodur C	9
4.1	Comportement au feu	9
4.2	Protection contre les rayons UV	9
5	Indications de dimensionnement relatives aux performances d'isolation thermique	10
6	Données techniques du Styrodur C	11

Remarque :

Les informations dans cette brochure sont basées sur l'état actuel de nos connaissances et de notre expérience et se rapportent exclusivement à notre produit, avec ses propriétés telles qu'elles sont au moment de la rédaction de cette publication ; aucune garantie ni caractéristique contractuelle du produit ne peuvent être déduites de nos indications. Lors de la mise en œuvre, il y a lieu de toujours tenir compte des conditions particulières de chaque cas particulier, spécifiquement en ce qui concerne les détails de construction, la technique de construction et le droit de construction. Les dessins techniques sont des schémas de principe, qui doivent être adaptés au cas pratique.



1. L'isolant thermique Styrodur® C

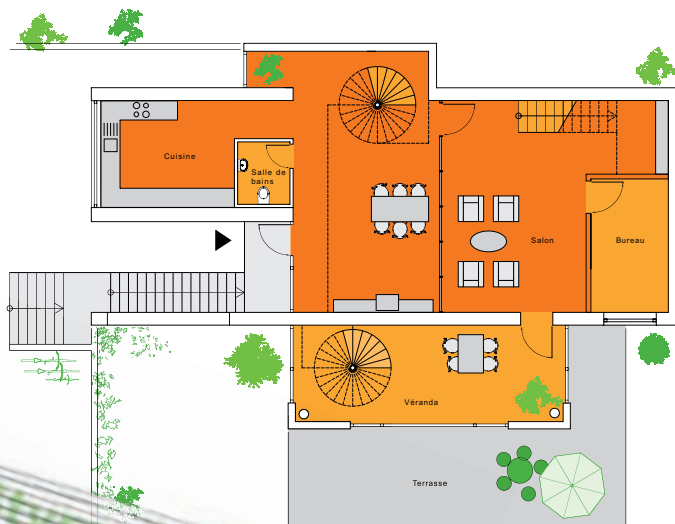
Le Styrodur® C est une mousse rigide verte en polystyrène extrudé de BASF. Elle est exempte de CFC, de HCFC et de HFC et en tant qu'isolant thermique, elle contribue sensiblement à réduire les émissions de dioxyde de carbone.

Grâce à sa résistance élevée à la compression, à sa faible hydrophilie, à sa longue durée de vie et à son imputrescibilité, le Styrodur C est devenu synonyme de XPS en Europe. Le principal critère de distinction entre les différents types de Styrodur C c'est la résistance à la compression.

Une isolation thermique optimale à l'aide de Styrodur C se traduit pour le maître d'ouvrage par un amortissement rapide des coûts en raison de la consommation d'énergie plus faible. En outre, elle contribue à une atmosphère

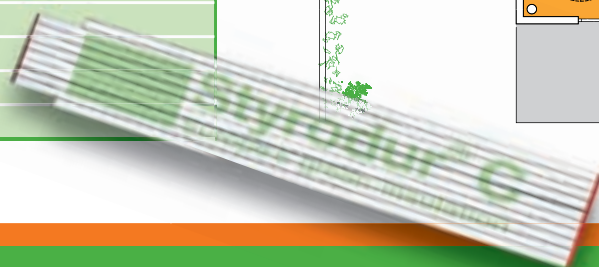
saine dans l'habitation et protège le bâtiment des influences extérieures telles que la chaleur, le froid et l'humidité, ce qui contribue à l'allongement de sa durée de vie ainsi qu'à l'augmentation de sa valeur.

Le Styrodur C est conforme à la norme européenne EN 13164 et en ce qui concerne la réaction au feu, il figure dans la catégorie Euroclasse E selon EN 13501-1.



Le Styrodur® C est contrôlé et certifié par CSTB.
Les numéros de certificats ACERMI sont les suivants :

- 03/004/272 pour Styrodur® 2500 C
- 03/004/274 pour Styrodur® 3035 CS
- 03/004/276 pour Styrodur® 4000 CS
- 03/004/278 pour Styrodur® 5000 CS
- 05/004/406 pour Styrodur® 2800 C
- 06/004/412 pour Styrodur® 3035 CN



2. Isolation d'installations de production de biogaz en Styrodur® C

2.1 Isolation thermique d'installations de production de biogaz

Cette brochure d'utilisation donne aux concepteurs, fabricants et exploitants d'installations de production de biogaz un certain nombre d'indications et d'informations de base pour l'utilisation du Styrodur® C dans les installations de production de biogaz.

Lors de l'engraissement des animaux, des quantités importantes de lisier sont produites, à partir desquelles des biogaz, utilisables pour la production d'énergie ou de chaleur, peuvent être produits selon des processus de fermentation simples et économiques. Les températures de fonctionnement optimales du processus de production de biogaz à partir du lisier sont supérieures à la température ambiante. Le processus de fermentation en soi libère de la chaleur.

Pour maintenir le processus à la température de fonctionnement optimale eu égard au rendement en biogaz, il est opportun de diminuer la perte de chaleur des fermenteurs. A cette fin, on utilise des isolants thermiques sur les parois, les fonds et les couvercles des cuves.



Fig. 1 : Isolation thermique en Styrodur® C sur la paroi d'un fermenteur en béton armé.

2.2 Exigences imposées aux isolants thermiques dans les installations de production de biogaz

Pour les exigences sévères :

- de contrainte de compression élevée
- de sollicitation par l'humidité
- de contact avec l'acide humique
- de présence d'une atmosphère de biogaz,

il faut un isolant thermique résistant. La mousse rigide en polystyrène extrudé (XPS) Styrodur C remplit ces exigences à un rapport prix-performances remarquable.

2.3 Composition du biogaz et propriétés du Styrodur C

Le terme biogaz désigne un mélange de différents gaz, dans différentes proportions de mélange.

- 50 à 80 % en volume de méthane
- 20 à 50 % en volume de dioxyde de carbone
- 0,01 à 0,4 % en volume de sulfure d'hydrogène
- Traces de :
 - Ammoniac
 - Hydrogène
 - Azote
 - Monoxyde de carbone

Le Styrodur C résiste à la composition gazeuse de cette atmosphère.

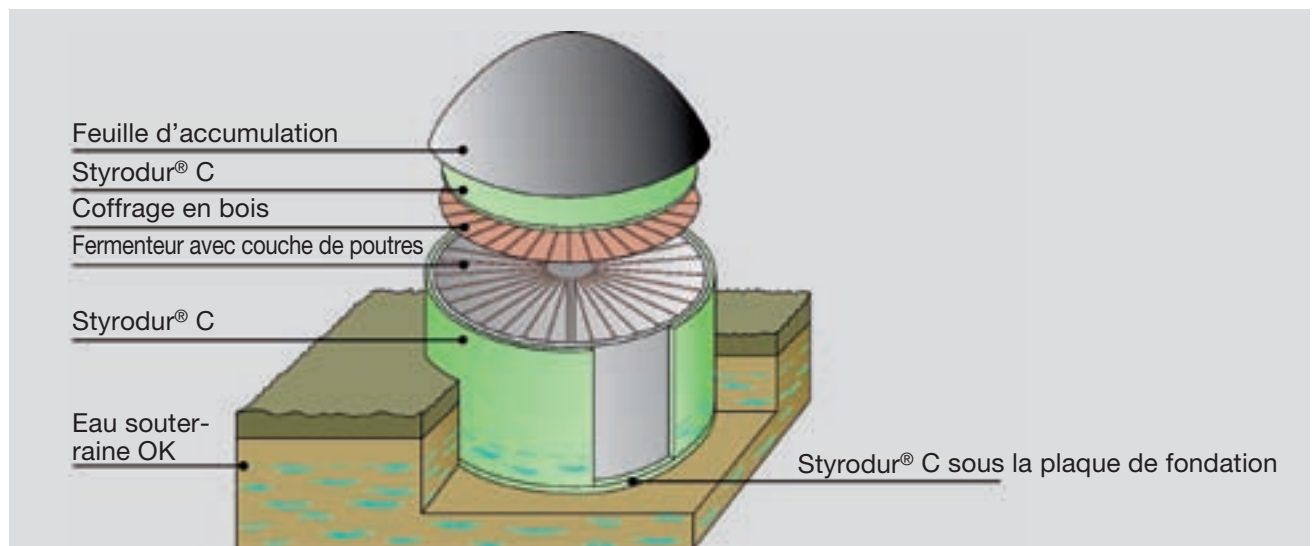


Fig. 2 : Représentation schématique d'un fermenteur avec couvercle en feuille.

2.4 Types de fermenteurs

En principe, les fermenteurs sont construits en position verticale ou horizontale. Ils sont placés hors sol ou partiellement ou totalement enterrés et peuvent donc même être prévus pour que l'on puisse rouler sur leur couvercle. Une des formes les plus fréquentes est la construction verticale en forme de tonneau avec un couvercle en feuille.

Dans toutes les variantes, l'isolation thermique est idéalement appliquée sur le côté extérieur. L'isolation du couvercle du fermenteur en bois est l'exception ici. Dans ce cas, le fermenteur ouvert vers le haut est recouvert d'une couche de poutres, on y applique un coffrage en bois, puis on place l'isolation en Styrodur® C. Le couvercle en feuille à accumulation de gaz s'étend sur celle-ci.

2.5 Températures de procédé et avantages du Styrodur® C

En fonction de la composition du lisier formant le substrat, sa durée de séjour dans le fermenteur variera, les processus de putréfaction se déroulant à des températures entre 20 °C et 55 °C. Le Styrodur C est un matériau thermo-plastique dont les propriétés physiques changent avec la température à laquelle il est soumis. La température limite d'utilisation du Styrodur C est de 75 °C. Lors de l'isolation thermique d'installations de production de biogaz, la température atteinte est nettement inférieure à celle-ci.

La conductibilité thermique du Styrodur C diminue avec la diminution de la température et l'aptitude à l'isolation thermique des plaques s'améliore en hiver. Cette propriété physique du produit réduit, lors du calcul du besoin d'énergie thermique, la quantité d'énergie à alimenter pour maintenir la température de procédé dans le lisier.

Tableau 1 : Conductibilités thermiques du Styrodur® C en fonction de la température.

Exemple : Styrodur 3035 CS, Epaisseur des plaques 50 mm

Température [°C]	Conductibilité thermique en W/(m·K) du Styrodur® C
-20	0,030
0	0,032
10	0,033
20	0,034
30	0,035
40	0,036
50	0,037

3. Mise en œuvre du Styrodur C

3.1 Domaines d'application du Styrodur C sur un fermenteur

De préférence, les fermenteurs seront isolés par une enveloppe extérieure, entourant toute la cuve. En fonction du type de construction et de la profondeur d'enfouissement dans le sol, il existe différentes constructions qui imposent des exigences statiques et physiques de construction différentes au matériau d'isolation. Celles-ci doivent être prises en compte par les constructeurs dans la conception de la structure et lors de calculs techniques de diffusion.

Des constructions de fermenteurs non enfouis dans le sol, positionnées hors sol, peuvent être protégées par une isolation thermique comme écran contre le gel, contre le refroidissement du sol et d'éventuels soulèvements par le gel. Les fermenteurs enfouis dans le sol doivent être pourvus d'une isolation périphérique, comme on le voit également dans le cas des espaces habités chauffés dans les caves de bâtiments. Les constructions complètement enfouies dans le sol, recouvertes de terre ou sur lesquelles on peut rouler sont également protégées complètement par une isolation périphérique contre les pertes de chaleur.

Isolation thermique périphérique totale d'installations de production de biogaz par du Styrodur® C selon un type de pose à une profondeur de 3,5 m dans les eaux souterraines.

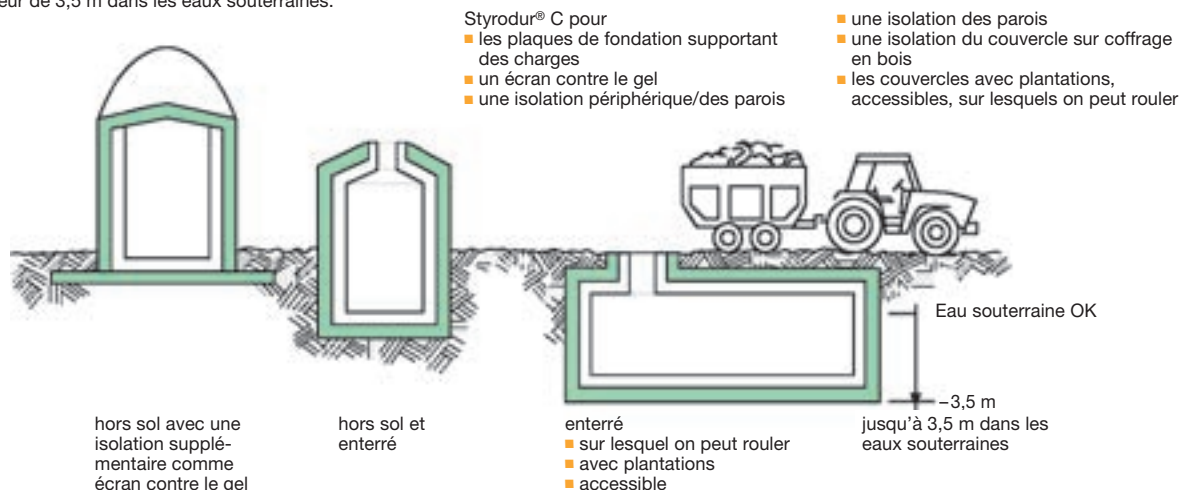


Fig. 3 : Isolation thermique en Styrodur® C sur différents fermenteurs.

3.2 Indications relatives à la diffusion de la vapeur d'eau

Le Styrodur® C est une mousse dure en polystyrène extrudé à cellules fermées, qui n'absorbe pratiquement pas d'eau liquide sous forme de gouttes. D'un point de vue technique de diffusion, les mousses extrudées ne sont cependant pas des matériaux de construction étanches à la vapeur. Les molécules d'eau gazeuses sont en mesure de traverser l'isolant. Comme force d'entraînement pour le transport par diffusion de la vapeur d'eau, la pression partielle en vapeur d'eau, qui dépend de la température et de l'humidité relative, suffit. L'équilibrage des potentiels se produit toujours du niveau supérieur vers le niveau inférieur.

L'espace intérieur des installations de production de biogaz présente pratiquement toute l'année une pression partielle de vapeur d'eau supérieure à celle de l'air dans l'atmosphère extérieure. Lors du processus d'équilibrage des pressions de vapeur, il faut assurer que les résistances contre le passage de la vapeur d'eau deviennent de plus en plus petites d'une couche partielle à l'autre en allant vers l'extérieur. Lorsque ceci n'est pas le cas, la vapeur d'eau peut s'accumuler dans la couche avec la résistance la plus élevée. Lorsque la température le long de la voie de diffusion diminue au-dessous de la température de rosée, comme cela est le cas pour les fermenteurs, la vapeur d'eau s'accumule dans la couche présentant la résistance la plus élevée et elle se liquéfie.

Dans les installations de biogaz mésophiles, en été, la température extérieure peut être identique à celle dans le fermenteur. La teneur en humidité plus élevée dans le fermenteur et donc la pression partielle de vapeur d'eau plus élevée conduisent cependant à un transport de vapeur d'eau vers l'extérieur, pour réaliser un équilibrage des potentiels d'humidité.

Lorsque des parties sont enfouies dans le sol (fond et paroi), le sol adjacent peut également empêcher l'évacuation de la vapeur d'eau. Ceci peut être le cas pour les sols humides, cohésifs, présentant une proportion massique élevée de grains fins. Ici aussi, de l'eau liquide peut se former dans l'isolant.

Lors de la conception du fermenteur, il faut tenir compte du comportement technique de diffusion : un éventuel flux de diffusion est minimisé ou empêché par la disposition correcte de couches formant une barrière contre la vapeur. La couche formant une barrière pour la vapeur d'eau doit toujours être incorporée sur la face chaude des plaques d'isolation thermique, vers le fermenteur. Le tableau 2 reprend les résistances à la diffusion de la vapeur d'eau du Styrodur C en fonction de l'épaisseur de couche.

Dans le cas d'un mauvais dimensionnement technique de l'humidité, de l'eau peut s'accumuler dans l'isolant. Il faut tenir compte du fait que, à une augmentation de l'humidité de 1 % en volume dans la mousse extrudée, la conductibilité thermique augmente en moyenne de 2,3 %.

Tableau 2 : L'indice de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau du Styrodur® C en fonction de l'épaisseur.

Épaisseur de couche en mm	Indice de résistance à la diffusion de la vapeur d'eau [-]
20	200
40	150
60	100
80	100
100	100
120	80
140	80

Sur la base de considérations de type coût-avantage, il peut être plus favorable, dans certains cas particuliers, de tenir compte de l'accumulation d'humidité pendant un fonctionnement du fermenteur de nombreuses années. Pour s'opposer à une accumulation de condensat d'environ 10 à 20 % en volume, l'épaisseur nécessaire calculée d'isolant peut par exemple être augmentée d'environ 25 à 50 % en poids.

3.3 Isolation thermique de la dalle de fondation

Pour des utilisations avec des charges élevées durables, on dispose, en fonction du niveau de la charge, des types de Styrodur C 3035 CS, 4000 CS et 5000 CS présentant des résistances à la compression différentes. Les plaques en mousse extrudée peuvent également être utilisées dans des zones soumises à un effet continu ou durable de compression par l'eau (eau souterraine), les plaques pouvant plonger jusqu'à au maximum 3,5 m dans l'eau.

Dans ce mode de construction, on peut utiliser raisonnablement comme base les prescriptions de l'agrément technique général Z-23.34-1325 pour l'utilisation comme isolation thermique évacuant la charge sous les dalles de fondation. Pour prouver la résistance à long terme, il faut prendre en compte les contraintes de compression à long terme admises suivantes :

Styrodur 3035 CS : $\sigma_{adm} = 130 \text{ kPa}$
 Styrodur 4000 CS : $\sigma_{adm} = 180 \text{ kPa}$
 Styrodur 5000 CS : $\sigma_{adm} = 250 \text{ kPa}$

Lors du dimensionnement de la cuve en béton, on peut utiliser comme valeur de dimensionnement f_{cd} la contrainte de compression monoaxiale de la dalle de fondation selon la norme DIN 1045-1, qui est appliquée sur l'isolation et le sous-sol, en fonction du type de Styrodur C, de la manière suivante :

Styrodur 3035 CS : $f_{cd} = 185 \text{ kPa}$
 Styrodur 4000 CS : $f_{cd} = 255 \text{ kPa}$
 Styrodur 5000 CS : $f_{cd} = 355 \text{ kPa}$

Barrière pour la vapeur au niveau de la dalle de fondation

Pour des raisons techniques de diffusion, les plaques d'isolation thermique seront recouvertes de deux couches de feuille en polyéthylène (PE) d'une épaisseur d'au moins 0,1 mm chacune et avec un recouvrement mutuel d'une demi-largeur de bande. Les feuilles en PE empêchent également la pénétration de laitance dans les joints entre les plaques de Styrodur® C lors du bétonnage. Elles représentent une barrière suffisante au flux de diffusion de la vapeur d'eau.

3.4 Isolation thermique de la paroi du fermenteur enterré

Dans de nombreux cas, il est favorable de mettre en place les plaques de Styrodur 2800 C gaufrées dans le coffrage pour la paroi en béton et de les fixer avec des clous adhésifs au coffrage en bois. Lorsque le test technique de diffusion de la construction totale montre que ceci est problématique, la paroi du fermenteur peut également être revêtue, sur sa face intérieure, d'un enduit formant une barrière contre la vapeur.

Barrière interne contre la vapeur sur les parois du fermenteur

La diffusion de la vapeur d'eau de l'intérieur du fermenteur vers l'extérieur peut être réduite, lors de l'utilisation de Styrodur 2800 C dans le coffrage en béton, exclusivement par une couche interne formant une barrière contre la vapeur.

Une valeur sd pour l'épaisseur de couche d'air équivalente en diffusion d'au moins 200 mètres suffit selon le procédé de vérification selon Glaser pour que l'isolant reste exempt de condensat.

Dans le cas d'une barrière interne contre la vapeur d'eau, les plaques d'isolant peuvent également être collées ultérieurement avec des points de colle ou, en présence d'eau souterraine (jusqu'à au maximum 3,5 m de profondeur), encollées sur toute la surface, à partir de l'extérieur sur l'ouvrage en béton.

Barrière extérieure contre la vapeur en revêtement garnissant à base de bitume

Dans ce mode de construction, il est possible d'appliquer un revêtement formant une barrière contre la vapeur sur la face extérieure du fermenteur. Un revêtement garnissant en bitume, tel que par exemple en PCI Pecimor 2N, présente, à une épaisseur de couche durcie de 4 mm, une valeur sd supérieure à environ 200 m. Les revêtements garnissants ne peuvent être réalisés que sur un substrat sec, ce qui n'est le cas, pour la construction de fermenteurs, que pour les nouvelles installations, avant leur mise en service.

Après le durcissement du revêtement garnissant en bitume (c'est-à-dire après 2 jours), les plaques en Styrodur C peuvent être collées par 5 à 8 points de colle, par exemple par du PCI Pecimor 2N, sur la couche formant une barrière contre la vapeur. Ce collage maintient les plaques sur la paroi jusqu'au remplissage des excavations.

Au niveau des eaux souterraines et de percolation qui s'accumulent, le collage doit être réalisé sur toute la surface, afin d'éviter que l'eau ne s'infilte derrière les plaques isolantes. A cette fin, on utilise par exemple du PCI Pecimor DK. Le collage doit être complètement sec avant l'arrivée d'eau.

Barrière extérieure contre la vapeur en bandes de bitume autoadhésives à froid

Pour les installations qui sont déjà en service et qui doivent être isolées ultérieurement, la surface extérieure en béton doit être sèche, dans des conditions climatiques favorables. Ensuite, une bande en bitume autoadhésive à froid, comme par exemple le PCI Pecithene, permet également de réaliser un effet de barrière contre la vapeur d'environ 200 m. Comme colle de montage pour les plaques de Styrodur C, on utilise dans ce cas une bande autoadhésive et double face en caoutchouc de butyle PCI Pecithene.

3.5 Collage et profondeurs de montage des plaques en Styrodur® C

En fonction du diamètre du fermenteur, pour les cuves rondes, les plaques de Styrodur C peuvent être appliquées verticalement entières ou elles doivent être segmentées ou fendues et pressées contre l'ouvrage avec des bandes de cerclage. En fonction de la profondeur de montage, on utilisera des types de Styrodur C différents.

Tableau 3 : Profondeurs de montage maximales pour les types de Styrodur® C.

Domaine d'utilisation	Profondeurs de montage en m pour les types de Styrodur® C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
sans eau sous pression	9	9	17	24
eau sous pression (eaux souterraines)	–	3,5	3,5	3,5

3.6 Remplissage des excavations, couches de drainage et d'équilibrage de la pression de vapeur

Le remplissage de l'excavation doit être réalisé par couches, qui seront compactées. Pour la variante de réalisation présence de Styrodur® 2800 C dans le coffrage et bétonnage direct, le matériau de remplissage ne peut pas être cohésif. On utilisera des matériaux granuleux, évacuant l'eau, par exemple des mélanges gravier-sable. Il est également possible de mettre en place, avant les plaques de Styrodur 2800 C, une membrane d'étanchéité à structure alvéolaire ou une natte de drainage avec un revêtement en dalles comme couche d'équilibrage de la pression de vapeur et pour l'évacuation de l'eau de condensation.

Les modes de construction avec des couches formant une barrière contre la vapeur sur les cuves en béton n'imposent pas d'exigences particulières, pour des raisons techniques de diffusion, au remplissage des excavations.

3.7 Isolation thermique avec écran contre le gel

Dans le cas d'un sol sensible au gel et dans les régions avec des périodes de gel longues et intenses, le risque d'un soulèvement de l'ouvrage par formation de cristaux de glace peut être réduit en plaçant, dans le cas d'une profondeur de fondation trop faible, ce qu'on appelle un écran contre le gel en plaques de Styrodur C autour de la périphérie de la construction. Les plaques sont placées horizontalement avec une légère pente de 2 % vers l'extérieur et par exemple recouvertes d'un pavage en béton dans un lit de gravillons. L'écran contre le gel réduit le refroidissement du sol et donc le risque d'un soulèvement de l'ensemble de la construction.

3.8 Isolation thermique de la paroi du fermenteur par rapport à l'air extérieur

La protection thermique de la paroi du fermenteur par rapport à l'air extérieur au-dessus du niveau du sol est réalisée au mieux avec des plaques en Styrodur 2800 C

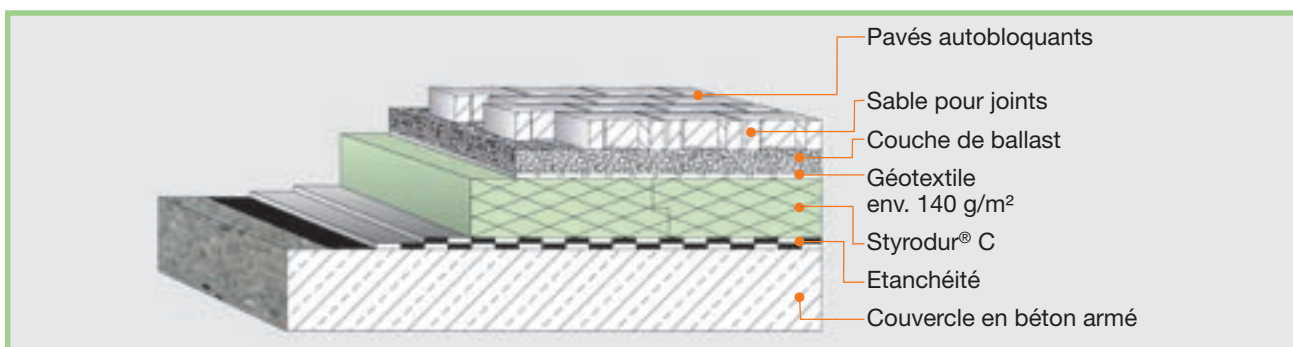


Fig. 4 : Toiture en parking avec pavés autobloquants sur une couche de ballast.

Tableau 4 : Indications de dimensionnement pour les utilisations du Styrodur® C dans les constructions enterrées ou de toiture, avec une sollicitation de compression par la circulation.

Véhicule				Contrainte de compression pour des charges de circulation en N/mm ²							
				Structure à couches non armée Epaisseur de couche au-dessus de la plaque d'isolant en mm				Béton armé Hauteur statique en mm			
Type	Poids en t	Charge de la roue in kN	Surface de contact en mm x mm	180	200	220	240	90	100	110	120
SLW	30	50	200 x 400	0,20	0,18	0,17	0,14	0,23	0,20	0,19	0,18
LKW	12	40	200 x 300	0,19	0,17	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,17
LKW	9	30	200 x 260	0,16	0,14	0,13	0,12	0,18	0,16	0,15	0,14
LKW	6	20	200 x 200	0,12	0,11	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,10
LKW	3	10	200 x 160	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05
GS	7	32,5	200 x 200	0,20	0,17	0,16	0,14	0,22	0,20	0,18	0,17

Tableau 5 : Contraintes de compression admises pour les types de Styrodur C lors de charges de circulation.

Type de Styrodur® C	Dimensionnement du type de Styrodur® C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Contrainte de compression lors de charges de circulation en N/mm ²	0,10	0,13	0,23	0,30

Indication importante : Les indications de dimensionnement sont non contractuelles. Elles ne remplacent aucunement les études spécialisées et de structure par l'ingénieur spécialisé.

placées dans le coffrage. L'isolation thermique est clouée sur le coffrage en bois et est assemblée sur toute sa surface, de manière quasiment inamovible avec la paroi en béton lors du bétonnage.

Ensuite, la surface à structure gaufrée des plaques en Styrodur® 2800 C peut être revêtue d'un enduit ou être recouverte de bois ou de bardages en acier avec une aération.

3.9 Isolation thermique de couvercles de fermenteurs sur lesquels on peut rouler et avec des plantations

Les fermenteurs et autres constructions enfouis dans le sol peuvent être recouverts et utilisés de différentes manières lors d'une isolation extérieure avec des plaques en Styrodur C. On peut réaliser des recouvrements en terre, des plantations, des routes etc. en observant les règles de construction d'une toiture inversée.

La règle de construction la plus importante à observer réside en ce que les plaques de Styrodur C, sous les revêtements utilitaires et de protection, doivent toujours être revêtues en premier lieu d'une couche ouverte à la diffusion, drainable, avant le «revêtement» en soi pour les plantations ou la consolidation praticable. En fonction de l'influence de la charge et de l'élévation de la construction, on utilisera les types de Styrodur C suivants.

3.10 Isolation thermique entre le fermenteur et le couvercle en feuille à accumulation de gaz

Dans les fermenteurs avec un couvercle en feuille à accumulation de gaz, on dépose un coffrage en bois fermé sur une couche de chevrons. Les chevrons présentent une légère pente de 2 à 5 % vers l'extérieur et sont légèrement écartés du bord de la cuve afin que le biogaz puisse s'échapper du substrat vers le haut dans l'accumulateur de gaz.

Pour améliorer l'isolation thermique du couvercle de la cuve, on place sur le coffrage en bois une isolation thermique en plaques de Styrodur C. Des épaisseurs entre 5 et 10 cm sont usuelles. Etant donné que cette utilisation n'impose pas d'exigences particulières de résistance à la compression, le type de Styrodur C 2500 C suffit. Il est également à cellules fermées et convient pour les sollicitations élevées par l'humidité. En principe, on peut cependant également utiliser d'autres types, tels que par exemple le Styrodur 3035 CS et le Styrodur 3035 CN.

3.11 Indications physiques de construction pour l'isolation intérieure d'éléments en béton d'installations de production de biogaz

Etant donné qu'il se produit toujours un transport de vapeur d'eau vers l'extérieur dans les installations de

production de biogaz, en raison des conditions de température et d'humidité, BASF recommande exclusivement des isolations extérieures pour les cuves à lisier. Le Styrodur C ne convient à l'intérieur qu'au niveau de la couche de chevrons avec un coffrage en bois de fermenteurs avec des couvercles en feuille à accumulation de gaz. Les conditions atmosphériques environnantes sont quasiment compensées ici et les «forces d'entraînement» décrites ci-dessus pour un transport par diffusion de la vapeur d'eau sont donc relativement faibles.

Si, pour des raisons impératives, une isolation intérieure s'impose, une humidification de l'isolant doit être empêché par la mise en place d'une couche intérieure formant une barrière contre la diffusion de la vapeur d'eau. Il faut alors veiller à la résistance au lisier, à la compatibilité chimique avec le Styrodur C et aux indications de placement du fabricant de cette couche formant une barrière.

Une isolation interne avec du Styrodur C ne représente pas de protection chimique du béton contre les substances agressives du lisier. Les joints entre les plaques ne sont pas étanches. Les plaques d'isolation subissent une dilatation thermique qui est d'environ 0,08 mm/(m·K) dans le sens longitudinal et d'environ 0,06 mm/(m·K) dans le sens transversal.

4. Propriétés du Styrodur® C

4.1 Comportement au feu

En ce qui concerne leur comportement au feu, tous les types et toutes les épaisseurs de Styrodur C répondent aux exigences de l'Euroclasse E. Selon l'ancienne nomenclature, le Styrodur C répond aux exigences des matériaux de construction très peu inflammables B1 de la norme DIN 4108.

Selon Barbara Eder et Heinz Schulz : Biogas Praxis, ökobuch Verlag, édition 2006, une isolation thermique hors sol doit présenter au moins une inflammabilité normale selon la classe de matériaux de construction B2. D'un point de vue technique de protection contre le feu, le Styrodur C convient pour l'isolation d'installations de production de biogaz.

4.2 Protection contre les rayons UV

Le Styrodur C est une mousse dure de polystyrène qui doit être protégée, comme la plupart des matériaux synthétiques, à long terme contre les rayons UV du soleil. La surface de l'isolant peut par exemple être recouverte par des revêtements en bois ou en métal, des enduits ou des murs de parement.

Dans ce contexte, il faut souligner que seul le Styrodur 2800 C convient pour le bétonnage et le revêtement par un crépi. Seul ce type de Styrodur présente une structure de surface rugueuse, gaufrée qui per-

met un assemblage adhésif intime avec le béton et le mortier, atteignant des résistances à la traction d'environ 20 kPa. Tous les autres types de Styrodur® C présentent des surfaces lisses et ne conviennent pas pour le bétonnage, ni pour le collage à long terme avec des mortiers-collés minéraux, ni pour le crépissage.

5. Indications de dimensionnement pour les performances d'isolation thermique d'installations de production de biogaz

Pour la réduction des pertes de chaleur et des variations de température dans des fermenteurs avec des couches d'isolation thermique, on dispose de valeurs empiriques. Lors d'une fermentation mésophile (environ 35 °C) on recommande un coefficient de transmission thermique (valeur K) de 0,3 W/(m²·K). Lors d'une fermentation thermophile (environ 50 °C), une valeur K de 0,2 W/(m²·K) est indiquée.

Ces valeurs permettent de déduire des épaisseurs de couche d'isolant d'environ 10 à 18 centimètres. Dans le tableau suivant, les valeurs K sont calculées en fonction de l'épaisseur de la couche d'isolant, de la conductibilité thermique des plaques, sans tenir compte de la paroi de la cuve en béton et avec des résistivités thermiques du lisier contre la paroi en béton $R_i = 0,00$ (m²·K)/W et de la plaque d'isolant contre le sol $R_a = 0,00$ (m²·K)/W. En tenant compte des parois en béton d'épaisseurs différentes des installations de production de biogaz, les valeurs K sont encore légèrement diminuées.

Tableau 6 : Valeurs K en fonction de la conductibilité thermique et de l'épaisseur de l'isolant.

Valeur K W/(m ² ·K) pour différentes épaisseurs de couche d'isolation et conductibilités thermiques					
Épaisseur de la couche d'isolant [mm]	Conductibilité thermique déclarée λ_D en W/(m·K)				
	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
80	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
100	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
120	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33
140	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29
160	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
180	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22

Dans le calcul, les résistivités thermiques suivantes ont été utilisées : $R_i = 0,00$ (m²·K)/W (contact avec le lisier) et $R_a = 0,00$ (m²·K)/W (contact avec le sol)

Les conductibilités thermiques déclarées λ_D du Styrodur C correspondent à celles connues à la date d'impression de cette brochure et peuvent être consultées sur le site Internet www.styrodur.com, en plus de toutes les autres informations.

La relation entre la perte de chaleur par m² de surface de cuve et par jour et le coefficient de transmission thermique, la valeur K, est indiquée dans la **Figure 4** ci-dessous (selon Perwanger). Dans le calcul pour

l'épaisseur de l'isolation nécessaire, on n'a pas tenu compte de la paroi de la cuve. La conductibilité thermique de l'isolant est définie à 0,04 W/(m·K) et on considère qu'elle reste identique. On prend en considération, pour la paroi du fermenteur au-dessus du lisier, contre l'air extérieur, les résistivités thermiques $R_i = (0,13$ m²·K)/W et $R_a = (0,04$ m²·K)/W.

Les conductibilités thermiques λ_D de plaques en Styrodur C sont indiquées dans le **tableau 7** en fonction de l'épaisseur de l'isolant.

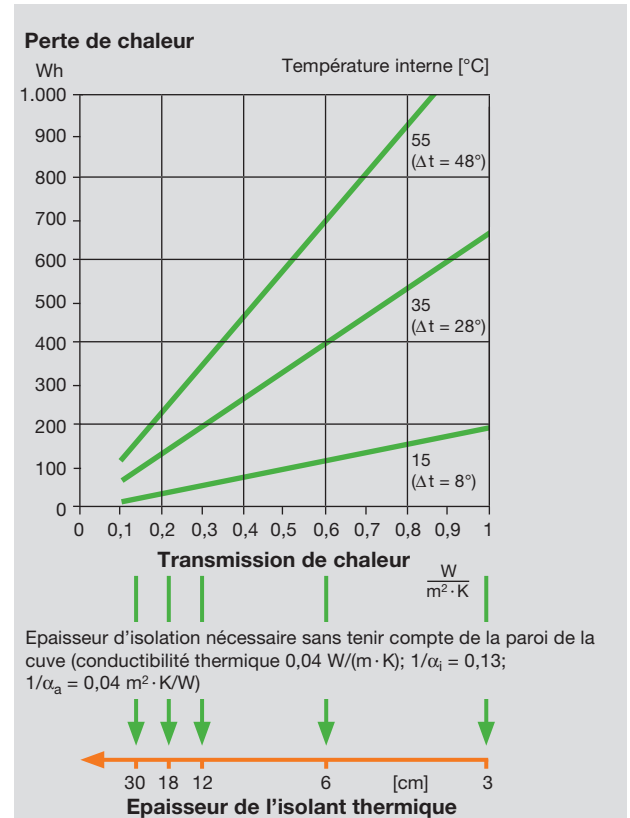














Fig. 5 : Pertes de chaleur en fonction de la valeur K selon Perwanger.

Les plaques de Styrodur C présentent des valeurs de conductibilité thermique différentes, dépendant de chaque épaisseur de plaque.

Tableau 7 : Conductibilité thermique déclarée λ_D en fonction de l'épaisseur de la plaque.

Épaisseur de la plaque en mm	Conductibilité thermique déclarée λ_D en W/(m·K)
20	0,032
30	0,032
40	0,034
50	0,034
60	0,034
80	0,036
100	0,038
120	0,038
140	0,038
160	0,038
180	0,040

6. Caractéristiques techniques Styrodur® C

Propriété	Unité ¹⁾	Clé de caractérisation selon EN 13164	2500 C		2800 C		3035 CS		3035 CN		4000 CS		5000 CS		Norme
															
Profil des bords															
Surface			lissée	gauffrée	lissée	lissée	lissée	lissée	lissée	lissée	lissée	lissée	lissée		
Longueur x largeur	mm		1250 x 600	1250 x 600	1265 x 615	2515 x 615 ²⁾	1265 x 615	1265 x 615							
Densité apparente	kg/m ³		28	30	33	30	35	45							EN 1602
Conductivité thermique λ_D [W/(m·K)]			λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D		EN 13164
Résistance au passage de la chaleur R_D [m ² ·K/W]			R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D		
Épaisseur	20 mm	–	0,032	0,65	0,032	0,95	–	–	–	–	–	–	–		
	30 mm	–	0,032	0,95	0,032	0,95	0,032	0,95	0,032	0,95	0,032	0,95	–	–	
	40 mm	–	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	0,034	1,25	
	50 mm	–	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	0,034	1,50	
	60 mm	–	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	0,034	1,80	
	80 mm	–	–	–	0,036	2,30	0,036	2,30	0,036	2,30	0,036	2,30	0,036	2,30	
	100 mm	–	–	–	0,038	2,80	0,038	2,80	–	–	0,038	2,80	0,038	2,80	
	120 mm	–	–	–	0,038	3,20	0,038	3,20	–	–	0,038	3,20	0,038	3,20	
	140 mm	–	–	–	–	–	0,038	3,65	–	–	0,038	3,65	–	–	
	160 mm	–	–	–	–	–	0,038	4,20	–	–	–	–	–	–	
180 mm	–	–	–	–	–	0,040	4,45	–	–	–	–	–	–		
Résistance à la compression ou contrainte de compression pour un écrasement de 10 % (kPa)	20 mm	CS(10\Y)	100	200	–	–	–	–	–	–	–	–	–		EN 826
	30 mm		100	300	300	250	500	–	–	–	–	–	–		
	> 30 mm		200	300	300	250	500	700							
Contrainte de compression autorisée pour une sollicitation permanente de 50 ans et un écrasement < 2 % (kPa)	20 mm	CC(2/1,5/50)	60	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–		EN 1606
	30 mm		60	100	130	100	180	–	–	–	–	–	–		
	> 30 mm		80	100	130	100	180	250							
Valeur nominale de la contrainte de compression sous les dalles de fondation (kPa)	$\sigma_{adm.}$	–	–	–	130 ³⁾	–	–	180	250					DIBT Z-23.34-1325	
	f_{cd}	–	–	–	185	–	–	255	355						
Adhérence au béton	kPa	TR 200	–	> 200	–	–	–	–	–	–	–	–	–		EN 1607
Module d'élasticité (kPa)	Court terme E	CM	10.000	15.000	20.000	15.000	30.000	40.000						EN 826	
	Long terme E50		–	–	5.000	–	10.000	14.000							
Stabilité dimensionnelle à 70 °C, 90 % h.r.	%	DS(TH)	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %		EN 1604	
Comportement à la déformation charge 40 kPa ; 70 °C	%	DLT(2)5	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %		EN 1605	
Coefficient de dilatation thermique	Longitudinal	–	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	53752	
	Transversal	–	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06		
Comportement au feu ⁴⁾	Euroclasse	–	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E		EN 13501-1	
Absorption d'eau après immersion prolongée	Vol.-%	WL(T)0,7	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		EN 12087	
Absorption d'eau dans l'essai de diffusion	Vol.-%	WD(V)3	≤ 3	≤ 5	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3		EN 12088	
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (dépendant de l'épaisseur)		MU	200 – 100	200 – 80	150 – 50	150 – 100	150 – 80	150 – 100	150 – 80	150 – 100	150 – 100	150 – 100		EN 12086	
Absorption d'eau après gel/dégel alternés	Vol.-%	FT2	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1		EN 12091	
Température limite de mise en œuvre	°C	–	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75		EN 14706	

¹⁾ N/mm² = 1 MPa = 1.000 kPa ²⁾ Épaisseur 30 et 40 mm : 2510 x 610 mm ³⁾ Pour pose multicouche : 100 kPa ⁴⁾ Matériau de construction classe 4102-B1

Informations sur le Styrodur® C

- **Brochure produits : Europe's Green Insulation**
- **Applications**
Isolation des sols et applications soumis à fortes charges
- **Thèmes spéciaux**
Maison passive
Isolation thermique d'installations de production de biogaz
- **Caractéristiques techniques**
Recommandations d'emploi et caractéristiques techniques
- **Film sur le Styrodur® C : L'Europe va isoler en vert**
- **Site Internet : www.styrodur.com**

BASF SE

Performance Polymers Europe
67056 Ludwigshafen
Allemagne

www.styrodur.com