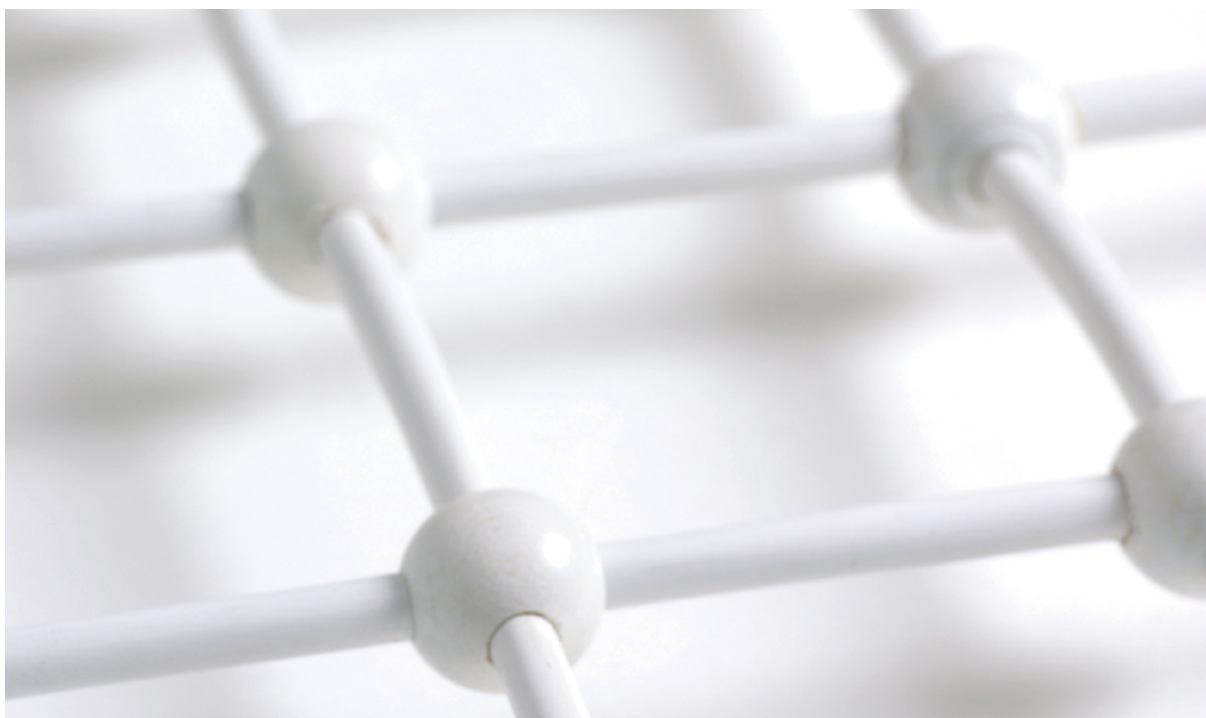
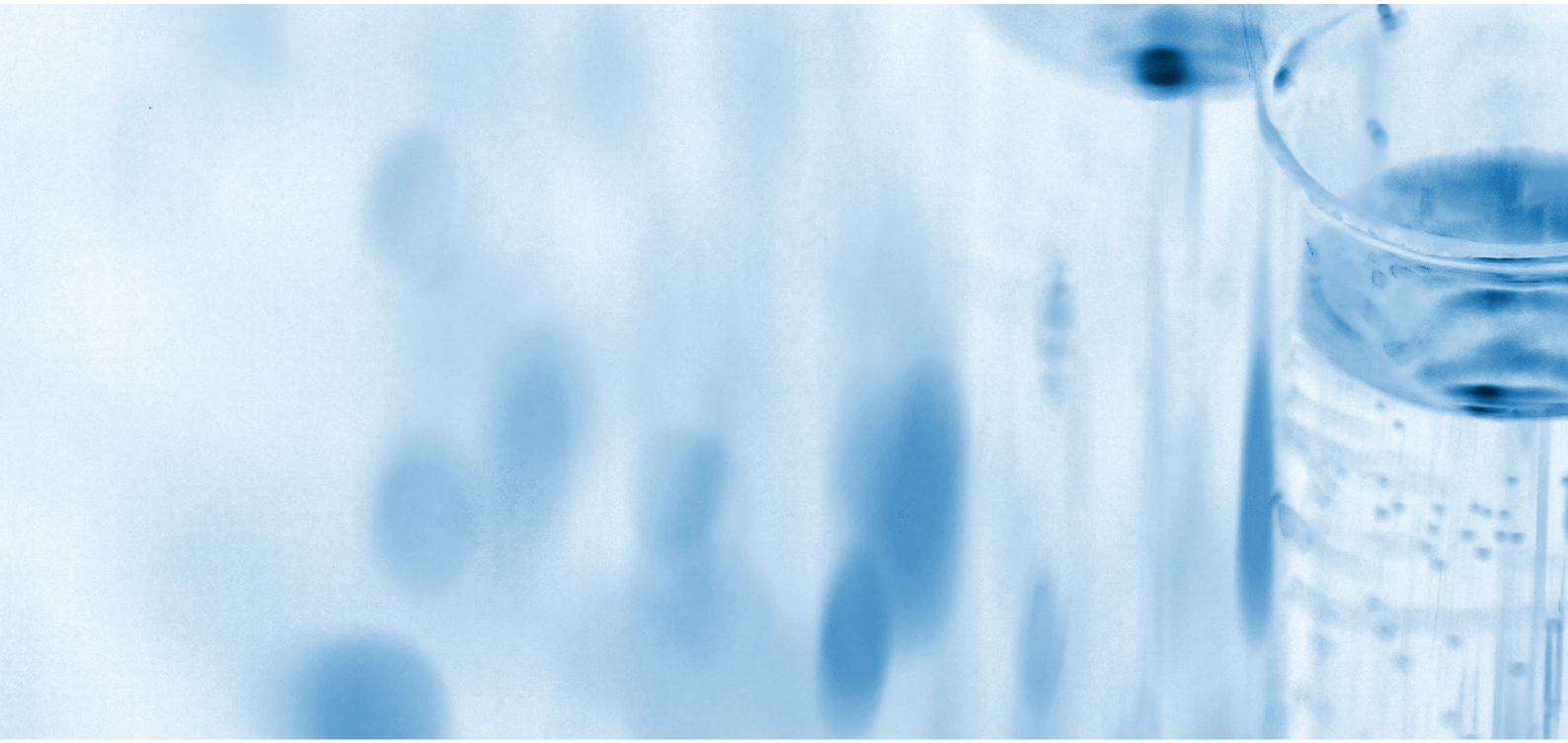


Dynasylan® Réticulation du polyéthylène avec du silane




Dynasylan®

 **EVONIK**
POWER TO CREATE



Pourquoi réticuler le polyéthylène?

Le polyéthylène (PE) est un polymère thermoplastique qui peut être fondu et mis en forme à haute température. C'est pourquoi les variétés standards de polyéthylène sont limitées à des applications dont les températures maximum sont bien en deçà de la température de fusion. Un pic de température temporaire peut entraîner la défaillance totale du produit, l'enveloppe isolante d'un câble électrique par exemple. La réticulation permet d'augmenter de façon significative la stabilité thermodimensionnelle du polyéthylène (PEX).

Il devient alors possible d'utiliser des produits en PEX dans des applications bien plus exigeantes du point de vue de la température, dépassant même les restrictions de température des variétés thermoplastiques normales.



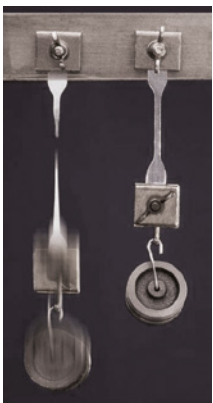
Sommaire

- 2 Pourquoi réticuler le polyéthylène?
- 4 Les méthodes élémentaires de réticulation du polyéthylène
- 6 Les technologies de réticulation au silane (greffage et façonnage)
- 7 Les technologies de réticulation au silane – traitement humide
- 8 Réticulation de câbles dans des conditions ambiantes
- 9 Réticulation au silane de tuyaux en polyéthylène HD
- 10 Aperçu des produits



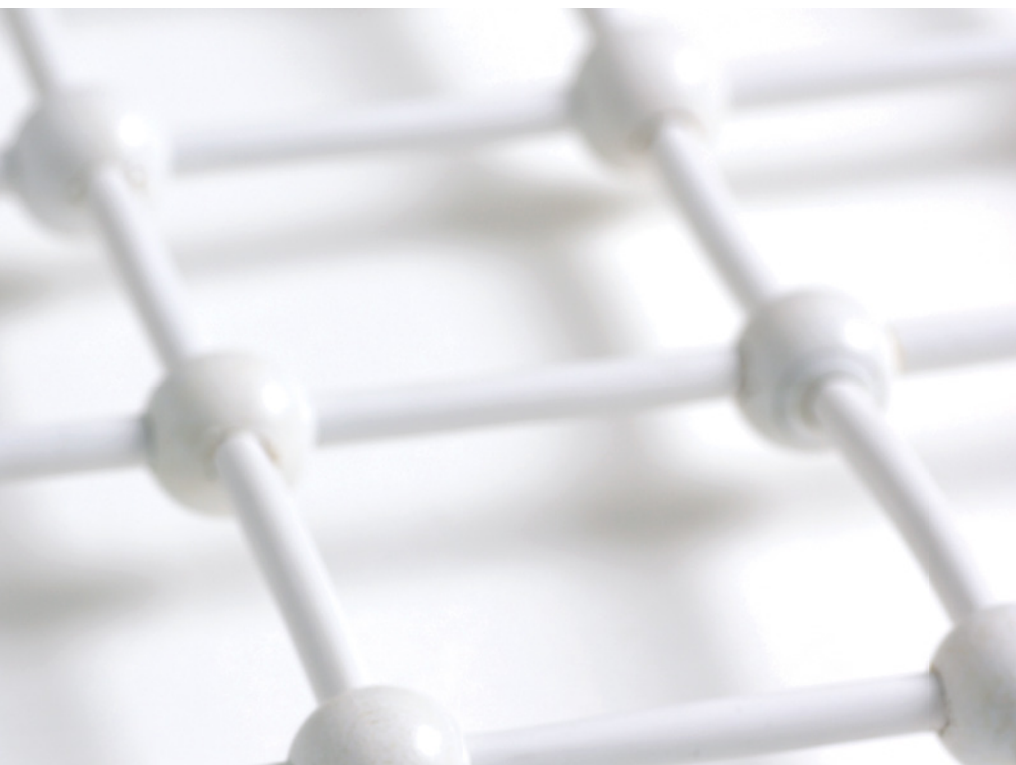
L'emploi de Dynasytan® améliore de façon significative la stabilité à la chaleur du polyéthylène

A une température élevée, le polyéthylène non réticulé se déforme facilement et offre des propriétés mécaniques médiocres. Un test important à cet égard est le test de chaleur à 200°C (392°F) qui permet d'observer la déformation lorsque la température est élevée.



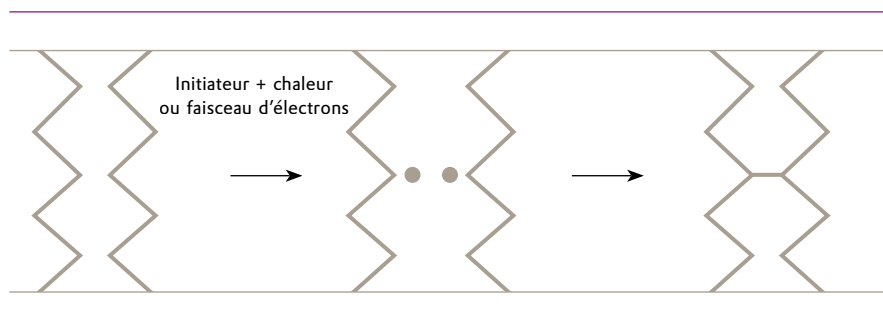
Le polyéthylène non réticulé se déforme très facilement comme le montre l'illustration. Réticulé au silane, le polyéthylène fondu conserve sa stabilité dimensionnelle et affiche alors une déformation minimale (voir la partie droite de l'illustration). A l'inverse, le polyéthylène non réticulé se brise lorsqu'il est exposé à de fortes températures (voir la partie gauche de l'illustration).

Caractéristiques à chaud du polyéthylène à 200°C (392°F), DIN EN 60811-2-1



Les méthodes élémentaires de réticulation du polyéthylène

Réticulation au peroxyde et aux radiations



Réticulation du polyéthylène avec des radicaux polyéthylène.

Les deux technologies de réticulation du polyéthylène – au peroxyde et au faisceau d'électrons – sont très similaires. Dans les deux cas, on génère des radicaux qui se recombinaient ensuite pour former une liaison chimique. Cette nouvelle liaison chimique améliore les propriétés mécaniques du polyéthylène associé à du PEX.

La technologie de réticulation au peroxyde exige que l'on maintienne la température dans des limites étroites pendant le processus de réticulation.

Il est particulièrement important que la température ne dépasse pas prématurément la température de décomposition du peroxyde sinon le polymère est réticulé avant que le produit ne soit mis en forme.

La réticulation au faisceau d'électrons est généralement un processus coûteux exigeant des équipements spéciaux et des frais d'investissement élevés.

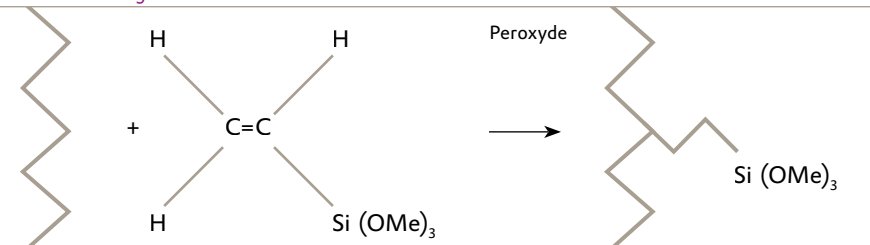
Réticulation au silane

Au cours des 30 dernières années, la réticulation au silane (PEX-b) s'est révélé être la manière la plus économique de réticuler le polyéthylène employé pour la confection de câbles et de tuyaux. Contrairement aux autres technologies de réticulation comme le peroxyde (PEX-a) ou le traitement aux rayons (PEX-c), la réticulation au moyen de silanes organofonctionnels présente les avantages suivants :

- Processus économique
- Technologie respectueuse de l'environnement
- La réticulation s'effectue hors de l'extrudeuse
- Investissement réduit
- Meilleure souplesse grâce à une plage de traitement plus large
- Débit élevé
- De petites quantités de silane amènent d'excellentes propriétés

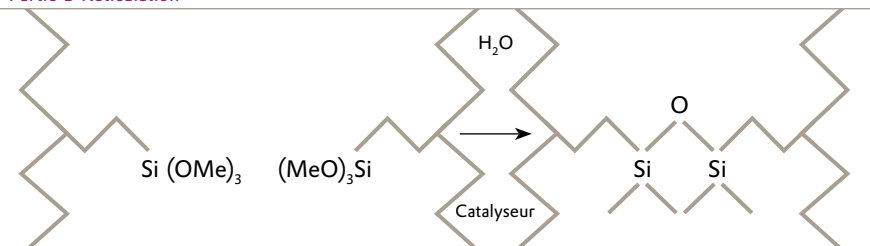
La différence essentielle entre la technologie au silane et la technologie au peroxyde ou au faisceau d'électrons est que le polymère est chimiquement modifié dans la première étape. Généralement, ceci est obtenu par greffage d'un vinylsilane sur la chaîne polymère avec de petites quantités de peroxyde. Après le greffage, le polymère est encore thermoplastique et peut être utilisé de différentes manières. La réticulation proprement dite se produit hors de l'extrudeuse ; elle est déclenchée par de l'eau par exemple sous la forme d'une immersion de passage en étuve ou par exposition aux conditions ambiantes. La technologie au silane s'est avérée être la méthode la plus économique de réticuler le polyéthylène.

Partie A Greffage



Le vinylsilane est accroché à la chaîne polymère par greffage au peroxyde.

Partie B Réticulation



La réticulation se produit par condensation du silane.



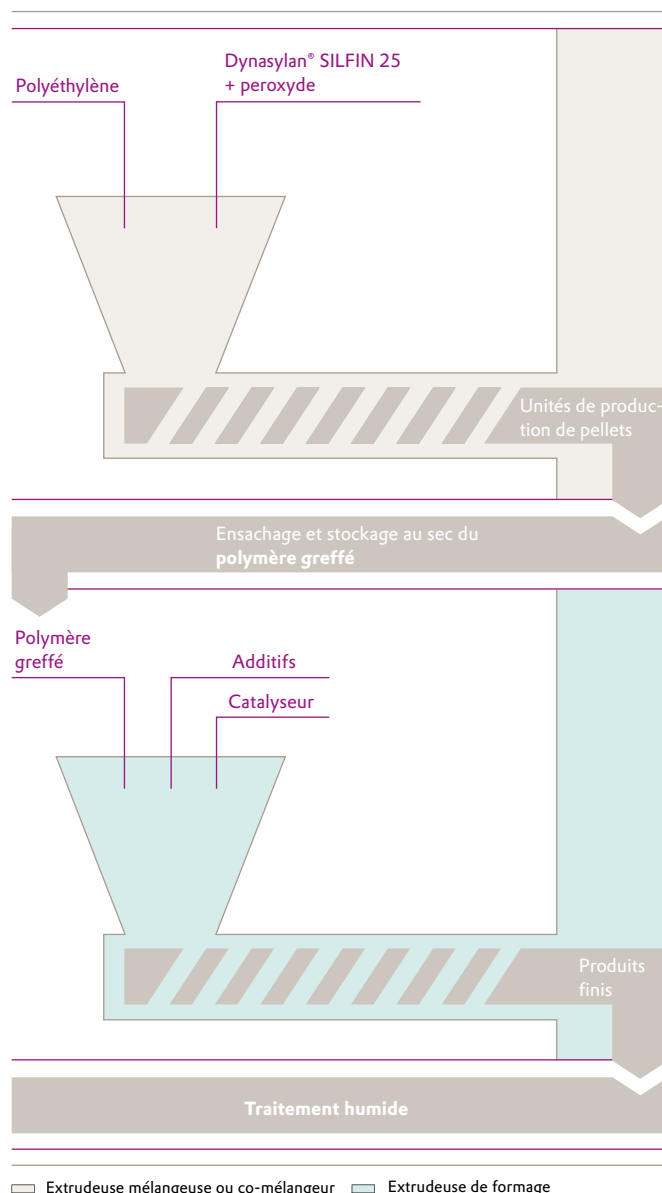
Les technologies de réticulation au silane (greffage et façonnage)

Processus Sioplas®

Le processus Sioplas® a été développé en 1968 par Midland Silicones. L'étape la plus importante est un greffage activé par peroxyde du vinylsilane sur les chaînes polymères. Cette étape est effectuée dans des machines de mélange comme les comélangeurs et les extrudeuses à vis double. Le mélange silane/ peroxyde est ajouté au polymère fondu au moyen d'une pompe à membrane ou à piston. Le résultat étant un granulé greffé. Le mélange greffé peut alors être mis en forme avec des extrudeuses conventionnelles. Le catalyseur qui accélère la vitesse de réticulation doit être ajouté à ce stade.

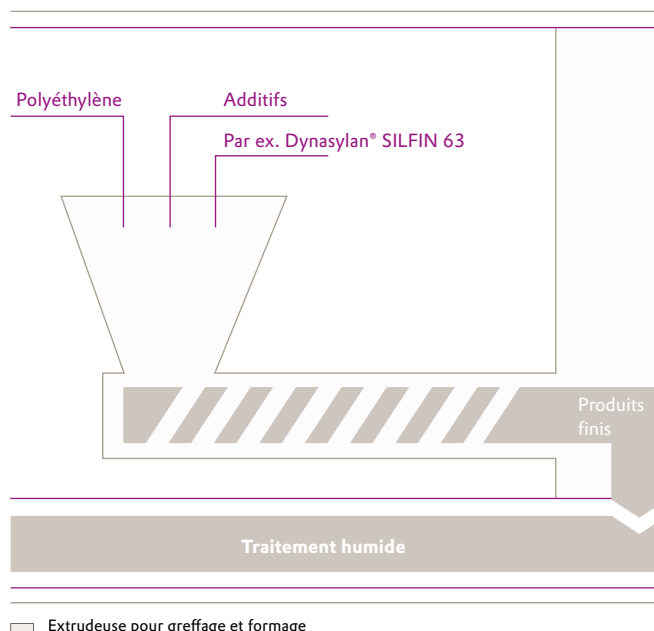
Copolymères au silane

Les polymères réticulables peuvent aussi être obtenus par copolymérisation d'éthylène et de vinyltriméthoxysilane. Ces variétés sont fournies directement par les producteurs de polymères. L'étape finale de formage est accomplie dans une étape comparable au processus Sioplas® sur des extrudeuses standard. L'ajout du catalyseur et des autres additifs (par exemple stabilisants) au moment du façonnage est une opération essentielle.



Processus Monosil®

Le processus Monosil® a été développé par BICC et Maillefer en 1974 ; il combine le greffage, l'ajout du catalyseur et la réticulation en une seule étape. Beaucoup plus complexe, cette combinaison de processus exige un équipement d'extrusion spécial. Les points cruciaux de ces machines sont la conception de la vis et la technologie employée pour l'ajout des additifs.



Les technologies de réticulation au silane – traitement humide

L'eau est un élément indispensable pour l'étape finale de réticulation. Les molécules d'eau doivent pénétrer dans le polymère et initier la réaction d'hydrolyse suivie de la condensation des variétés de silanol qui en résultent. Le plus grand nombre possible de molécules d'eau à la surface du polymère combiné à des températures élevées est une solution optimale pour la pénétration d'eau et la réaction de réticulation. Conséquence logique, la manière la plus efficace et la plus rapide consiste à utiliser un bain d'eau très chaude (80 – 90°C à pression ambiante). De plus, la vitesse peut être augmentée de façon significative en augmentant la pression. Cette méthode exige cependant un investissement supplémentaire.

Une autre possibilité consiste à employer de la vapeur. Cette méthode de réticulation est généralement plus lente que celle qui fait appel à un bain d'eau. La réticulation à l'atmosphère ambiante est la méthode la plus pratique, quoique exigeant des durées de réaction bien plus longues.

Réticulation de câbles dans des conditions ambiantes

La rapidité de la réticulation du polyéthylène modifié au silane est influencée par:

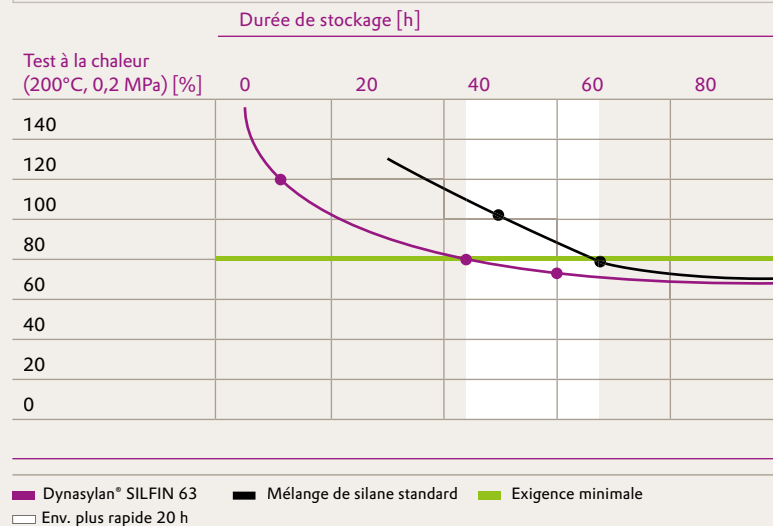
- La qualité du silane
- Le nombre de molécules d'eau présentes
- La température
- La pression
- L'efficacité du greffage
- La quantité de catalyseur
- Les dimensions de la pièce à réticuler

Pour la réticulation à l'atmosphère ambiante, le problème est que la quantité d'eau disponible est limitée et que la température est considérablement réduite comparé aux méthodes de réticulation standard. Néanmoins, la réticulation se déroule. Le défi consiste donc à

trouver un système qui augmente la rapidité de réticulation à basse température et en présence d'une humidité faible, sans risque de réticulation prématurée indésirable pendant l'étape d'extrusion.

Comparé aux systèmes standard, le Dynasytan® SILFIN 63 augmente de manière significative la rapidité de réticulation d'isolants de câbles en PEX dans des conditions ambiantes (voir graphique).

Performances du Dynasytan® SILFIN 63



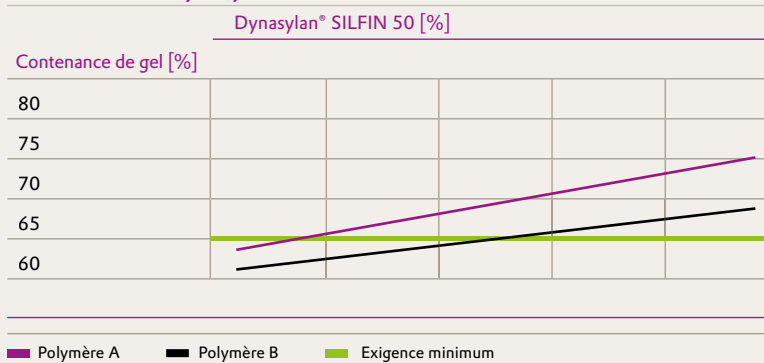
Dynasytan® SILFIN 63 atteint bien plus rapidement les exigences minimales du test à la chaleur.

Réticulation au silane de tuyaux en polyéthylène HD

Les tuyaux en polyéthylène réticulé au silane montrent une bien meilleure tenue à la chaleur que les tuyaux en polyéthylène HD non réticulés, autorisant des températures de service prolongé de 90°C. Les autres avantages importants du polyéthylène réticulé pour les tuyaux sont:

- Meilleure résistance aux produits chimiques et à la corrosion, les solvants ne dissolvent pas le PEX
- Réduction significative du poids
- Réduction significative des frais de pose
- Résistance élevée à l'abrasion
- Résistance élevée à la chaleur
- Stabilité dimensionnelle élevée
- Meilleure sécurité face à la formation de fissures
- Résistance supérieure face aux fissures à propagation rapide
- Emploi dans des applications sans excavations
- Aucune corrosion comme cela serait le cas pour les métaux

Les tuyaux en polyéthylène HD peuvent être efficacement réticulés avec Dynasylan® SILFIN 50



Selon le type de polyéthylène HD, la quantité de Dynasylan® SILFIN 50 doit être ajustée afin d'obtenir un taux de gel de 65%.

Dynasylan® VTMO est un agent de réticulation idéal pour la production de tuyaux d'adduction d'eau potable en polyéthylène. Dans de nombreux pays, Dynasylan® VTMO a été homologué par les organismes de régulation.

Pour répondre à des questions spécifiques, vous pouvez consulter www.dynasylan.com ou consultez votre représentant commercial local.

Aperçu des produits

Nom du produit	Description et utilisation	Applications			Réticulation		Couplage							
		Câbles	Tuyaux	Mélanges de plastiques avec charge	1 étape (Monosil®)	2 étapes (Stoplas®)	Polyéthylène	EVA/Polyéthylène	Polypropylène	Caoutchouc	Acrylique	Epoxy	Polyester insaturé	Autres
Multifunctional Silane System™														
Dynasylan® SILFIN 06	Produit standard pour câbles	●			●									
Dynasylan® SILFIN 13	Produit standard pour câbles	●				●								
Dynasylan® SILFIN 22	Produit standard pour câbles	●			●									
Dynasylan® SILFIN 25	Multifunctional Silane System™, pour un débit plus élevé	●	●		●	●								
Dynasylan® SILFIN 50	Multifunctional Silane System™ pour tuyaux		●		●									
Dynasylan® SILFIN 53	Multifunctional Silane System™ pour câbles LLDPE	●			●									
Dynasylan® SILFIN 63	Multifunctional Silane System™ pour câbles, traitement à atmosphère ambiante	●			●									
Dynasylan® SILFIN 70	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour la réticulation de câbles HFFR			●	●									
Dynasylan® SILFIN 71	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour la réticulation de câbles HFFR			●	●									
Dynasylan® SILFIN 75	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour la réticulation de câbles	●			●									
Dynasylan® SILFIN 80	Multifunctional Silane System™ pour câbles	●			●									
Aminosilanes														
Dynasylan® AMEO	Agent de couplage pour mélanges polaires			●			●	●						
Dynasylan® SIVO 214	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour mélanges polaires			●			●	●						
Dynasylan® SIVO 210	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour mélanges polaires			●			●	●						
Dynasylan® 1189	Silane hautes performances pour mélanges polaires			●			●	●						

Aperçu des produits

Nom du produit	Description et utilisation	Applications			Réticulation		Couplage							
		Câbles	Tuyaux	Mélanges de plastiques avec charge	1 étape (Monosil®)	2 étapes (Sioplas®)	Polyéthylène	EVA/Polyéthylène	Polypropylène	Caoutchouc	Acrylique	Epoxy	Polyester insaturé	Autres
Vinylsilanes														
Dynasylan® VTMO	Vinylsilane	●	●	●	●	●								
Dynasylan® VTEO	Vinylsilane		●	●	●	●								
Dynasylan® VTMOEO	Vinylsilane			●		●	●	●		●				
Dynasylan® 6490	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour mélanges non polaires			●		●	●	●		●				
Dynasylan® 6498	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour mélanges non polaires			●		●	●	●		●				
Dynasylan® 6598	Multifunctional Silane System™ hautes performances pour mélanges non polaires			●		●	●	●		●				
Alkylsilanes														
Dynasylan® 9896	Agent de traitement hydrophobe			●										●
Dynasylan® OCTEO	Agent de traitement hydrophobe			●										●
Dynasylan® IBTEO	Agent de traitement hydrophobe			●										●
Phénylsilanes														
Dynasylan® 9165	Silane hautes performances pour polymères haute température			●										●
Dynasylan® 9265	Silane hautes performances pour polymères haute température			●										●
Fluorosilanes														
Dynasylan® F 8261	Silane hautes performances pour polymères fluorés			●				●	●					●
Autres silanes fonctionnels														
Dynasylan® MEMO	Agent de couplage pour mélanges non saturés									●	●	●	●	●
Dynasylan® GLYMO	Agent de couplage pour mélanges polaires								●	●	●	●		
Dynasylan® 4144	Silane hautes performances pour application hydrophiles								●	●		●		●

EVONIK RESOURCE EFFICIENCY GMBH

Business Line Silanes
Rodenbacher Chaussee 4
63457 Hanau
Germany

dynasytan@evonik.com

[https://www.dynasytan.com/product/
dynasytan/en/contact/](https://www.dynasytan.com/product/dynasytan/en/contact/)

Cette information et tout autre conseil technique sont basés sur notre connaissance et notre expérience actuelles. Toutefois, ils n'entraînent aucune responsabilité contractuelle ou légale de notre part, y compris en ce qui concerne les droits de propriété intellectuelle des tiers, notamment les droits sur les brevets. En particulier aucune garantie contractuelle ou légale, qu'elle soit expresse ou implicite, incluant les caractéristiques du produit, n'est donnée ni ne saurait être déduite. Nous nous réservons le droit d'effectuer toute modification, afin de tenir compte des évolutions technologiques ou des développements futurs. Le client ne peut être exonéré de son obligation de réaliser des contrôles approfondis et des essais sur les produits reçus. Les performances du produit décrites ici doivent être vérifiées par des essais, qui devront être réalisés par des experts qualifiés sous la seule responsabilité du client. La référence à des dénominations commerciales utilisées par des sociétés tierces ne constitue pas une recommandation et n'implique pas que des produits similaires peuvent être utilisés.

Dynasytan® et SIVO® sont des marques déposées par Evonik Industries ou une de ses filiales.

RE-212-DEC18TMC

