

RAPPORT D'ÉVALUATION



Polyurée dans l'Industrie du Bâtiment et son Impact sur l'Environnement

1ère édition, Etat au 05.2009

En collaboration avec



Polyurea Development
Association Europe

et





Imprint

1st Edition, June 2009
Deadline: May 2009

Copyright 2009

Deutsche Bauchemie e.V.
Mainzer Landstrasse 55
60329 Frankfurt am Main
Germany
Phone +49 69 2556-1318
Fax +49 69 2556-1319
www.deutsche-bauchemie.de

155-SB-F-2012

Deutsche Bauchemie e.V. reserves all rights, especially the right of reproduction, distribution and translation.

Design

NEEDCOM GmbH, Sulzbach am Taunus
www.needcom.de

Source of photographs

BASF Construction Chemicals Europe AG
BASF SE
Bayer MaterialScience AG
Clariant Produkte (Deutschland) GmbH
DeNeef Conchem, Belgium
DOW Deutschland Anlagengesellschaft mbH
Fa. Elmico, Norway
Huntsman (Europe) bvba
Terje Løchen, Norway (title photo)
J. MAYER H. Architects
Sika Deutschland GmbH

ISBN-No.: 978-3-935969-77-2

Responsible Care



Deutsche Bauchemie e.V. supports the world-wide Responsible Care Programme

INDEX

PREFACE	4
1 INTRODUCTION	5
2 CADRE ET DÉFINITION DU POLYURÉE	5
3 FABRICATION ET FORMULATION	6
4 CARACTÉRISTIQUES ET DOMAINES D'UTILISATION	7
4.1 Généralités	7
4.2 Domaines d'utilisation	8
4.2.1 Étanchéité	8
4.2.2 Protection anticorrosion des ponts en acier	10
4.2.3 Protection du béton	11
4.2.4 Protection des eaux	12
4.2.5 Réhabilitation des regards, des égouts et des stations d'épuration	12
4.2.6 Réservoirs d'eau potable et piscines	13
4.2.7 Création et réalisation décoratives	13
4.2.8 Revêtement élastique sur bois	14
4.3 Comportement au feu du polyurée	14
5 ÉVALUATION DES INGRÉDIENTS	15
5.1 Matériaux de base du polyurée	15
5.2 Charges, pigments et retardateurs de flamme	17
6 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT	18
7 REACH	18
8 TRANSPORT	19
9 STOCKAGE	20
10 MISE EN OEUVRE	21
11 RETRAIT DU MATÉRIAU ET RECYCLAGE	22
12 TRAITEMENT DES DÉCHETS	23
13 CONCLUSION	23
14 DOCUMENTATION	24
GLOSSAIRE	26



PRÉFACE

La première édition du présent rapport «Polyurée dans l'industrie du bâtiment et son impact sur l'environnement» a été élaborée par le cercle de travail «Polyurée dans l'industrie du bâtiment» de la „Deutsche Bauchemie„ (l'Industrie Chimique Allemande du Bâtiment) en collaboration avec des experts de PDA Europe. Ce rapport sert de base d'information destinée aux membres de l'association, ainsi qu'au public averti.

Les personnes suivantes ont participé:

Dr. Werner Bertleff	BASF SE
Marc Broekaert	Huntsman (Europe) bvba
Dr. Christian Bruchertseifer	Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH
Dr. Mathias Dietz	Clariant Produkte (Deutschland) GmbH
Dr. Michael Hiller	BASF Construction Chemicals GmbH
Dr.-Ing. Inga Hohberg	Deutsche Bauchemie e.V.
Dr. Wolfgang Karl	MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG
Dr. Thomas Pusel	Sika Deutschland GmbH
Dipl.-Ing. Norbert Schröter	Deutsche Bauchemie e.V.
Karl-Heinrich Wührer	Bayer MaterialScience AG

Deutsche Bauchemie e.V. demande de communiquer des commentaires à ce Rapport d'Evaluation.

Deutsche Bauchemie e.V.

La „Deutsche Bauchemie„, association de fabricants de produits chimiques destinés au secteur du bâtiment, regroupe plus de 110 entreprises. Ces dernières réalisent ensemble un chiffre d'affaire annuel d'environ 4 milliards d'euros ce qui correspond à la moitié du volume du marché européen et à environ un tiers du marché mondial. L'éventail des entreprises membres de la „Deutsche Bauchemie„ s'étend des fournisseurs spécialisés de petite et moyenne tailles à des entreprises opérant sur la scène mondiale. Le travail de l'association est effectué par environ 40 comités internes tels que des comités d'experts, des cercles de travail ou encore des groupes de projets, au sein desquels 300 experts, issus de différentes entreprises membres de l'association, travaillent avec l'équipe du siège à Frankfurt-am-Main. Lors de leurs comités d'experts intitulés «Matières synthétiques dans la construction en béton» et «Polyurée dans l'industrie du bâtiment», les experts traitent tout particulièrement de thèmes tels que la sécurité d'application, la protection au travail, la protection environnementale ou la durabilité de systèmes parfois hautement spécifiques dont fait partie le polyurée. La „Deutsche Bauchemie" participe à l'élaboration de supports de règlements techniques, tels que des normes ou des bases de certification aux niveaux national et européen.

Polyurea Development Association Europe (PDA Europe)

„Polyurea Development Association Europe (PDA Europe) „est l'association officielle de l'industrie européenne des polyurées et réunit l'ensemble de cette filière, des fabricants de matières premières, formulateurs, fabricants de machines et d'équipements, jusqu'aux applicateurs des secteurs industriels les plus variés. L'association PDA Europe est enregistrée en tant qu'organisation internationale à but non lucratif selon la loi belge de juin 2007. Elle oeuvre, entre autres, pour l'harmonisation des normes des revêtements en polyurée. Ses adhérents sont composés d'experts à la pointe de l'industrie chimique européenne, autant que d'applicateurs compétents en matière de polyurée. Par ce biais, l'association propose un soutien global pour le choix des produits, leur qualité et leurs possibilités d'utilisation. L'organisation propose également une information sur les meilleures pratiques en matière de protection environnementale et de sécurité. Elle génère aussi un forum d'échange pour ses membres qui permet le développement du marché polyurée. L'association PDA Europe entretient des liens très étroits avec l'association PDA Etats-Unis, fondée en 1999.

1 INTRODUCTION

La technologie polyurée repose sur une chimie bi-composante relativement récente pour des revêtements pulvérisés à réticulation rapide.

Les premiers produits en polyurée ont été développés dans les années 80 aux États-Unis. Ils ont été introduits sur le marché en 1987 et affichent depuis une forte croissance. Tandis qu'on enregistrait en 1990 une fabrication mondiale de moins de 5 tonnes, en 2006 cette dernière, polyurée et polyuréthane/polyurée hybrides confondus, était déjà passée à 35.000 tonnes (Étude de marché PDA en 2007).

La technologie polyurée est aussi utilisée en Europe mais la plupart du temps sous le terme générique de revêtements polyuréthanes. De par le développement constant des champs d'application des revêtements pulvérisables, le potentiel multiple de la technologie polyurée devient évident.

Étant donné qu'en Europe, la technologie polyurée n'existait pas en tant que groupe de produits, nous trouvons peu ou pas d'indications directes sur ce type de produits dans les ouvrages et supports spécifiques. Néanmoins, nous pouvons nous référer à de nombreuses réalisations techniques où le polyurée a prouvé son excellence. Le polyurée est appliqué avec succès depuis des années dans les domaines du bâtiment industriel, du génie civil, des travaux publics, du traitement des eaux et des techniques anti-abrasion.

Ce rapport ne décrit pas seulement les domaines d'applications typiques du polyurée mais traite aussi ses matières de base, son maniement ainsi que son impact sur l'environnement.

2 CADRE ET DÉFINITION DU POLYURÉE

Dans les régions germanophones, le polyurée est également appelé „polymère à base d'urée„. Dans le texte ci-dessous, seule l'appellation polyurée est utilisée.

Les entreprises adhérentes à la „Deutsche Bauchemie„ et à „l'Association PDA Europe„ utilisent les définitions suivantes:

■ Polyurée

La réaction de réticulation a lieu entre des isocyanates et des composés aminés exclusivement. Les groupes d'hydroxyles, apportés par les additifs ou pâtes pigmentaires, ne doivent pas être significatifs par rapport à la réaction de réticulation. Les produits ou systèmes contenant des polymères réactifs polyurées et réticulant ou étant activés par l'humidité de l'air ne sont pas traités dans ce rapport.

■ Polyuréthane

La réaction de réticulation a exclusivement lieu entre des isocyanates et des composés hydroxyles.

■ Hybride polyuréthane-polyurée

La réaction de réticulation a lieu parallèlement entre des isocyanates et des amines et hydroxyles associés.

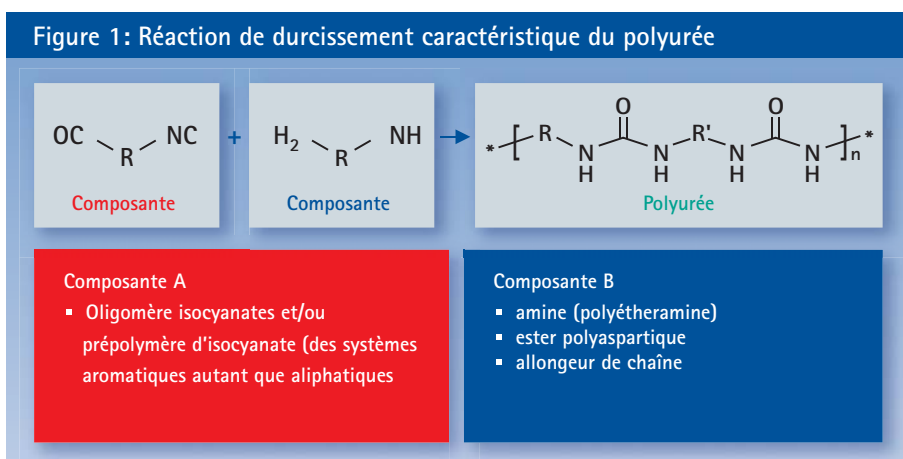


3 FABRICATION ET FORMULATION

Les systèmes polyuréée sont des systèmes réactifs. Ils durcissent quand les groupes réactifs des composants réticulent.

Les polymères de polyuréée sont fabriqués à base d'un système bi-composant. La composante A, un isocyanate ou un prépolymère d'isocyanate, réagit avec la composante B (amine multi-fonctionnelle ou mélange d'amines) pour se transformer en polyuréée. Des pigments, charges ou autres additifs peuvent être ajoutés à ces composantes.

La réaction de durcissement caractéristique est représentée dans la figure 1.



Dans les faits, il y a souvent confusion entre les composantes A et B. Tandis que l'industrie européenne de la peinture (dérivée de la chimie des polyuréthanes) associe la partie isocyanate à la composante B, en Amérique du Nord et en Asie la composante B représente le mélange aminé (dérivé de la chimie des résines époxydes).

Dans ce rapport, la désignation des parties A et B se base sur les définitions habituellement utilisées en Amérique du Nord et en Asie : La composante A est la partie isocyanate et la composante B est la partie aminée (voir fig. 1). Il s'est avéré bien utile et judicieux de distinguer les récipients des composantes par des couleurs différentes. La composante d'isocyanate devrait être marquée en ROUGE et la composante aminée en BLEU. Entre temps la plupart des constructeurs de machines ont adopté ce marquage (marquage des pompes et des réservoirs), car une confusion des composantes dans la pompe haute pression peut gravement endommager la machine.



4 CARACTÉRISTIQUES ET DOMAINES D'UTILISATION

4.1 Généralités

Les produits à base de polyurée sont hautement performants et sont en conséquence appliqués partout dans le monde dans les secteurs les plus variés de l'industrie du bâtiment.

Les formulations des produits polyurée et les caractéristiques qui en résultent sont adaptées à leurs domaines d'utilisation respectifs. L'application classique par pulvérisation présente les avantages suivants:

- Réaction très rapide, prise et durcissement rapides – les surfaces traitées peuvent à nouveau être utilisées ou retravaillées quelques heures après l'application.
- Application largement indépendante de la température et de l'humidité ambiantes (fenêtre d'application plus importante).
- Résistance thermique importante tout en ayant une bonne flexibilité à basse température.
- Excellente résistance mécanique et chimique.
- Résistance à l'hydrolyse et imperméabilité à l'eau.
- Possibilité d'une haute résistance au jaunissement (systèmes aliphatiques).
- Sans solvant (système à 100% d'extraits secs).
- Flexibilité, continuité et élasticité des membranes obtenues.
- Vitesse de réaction élevée permettant de varier les épaisseurs d'application même sur des surfaces verticales (étanchéité continue et tridimensionnelle).
- Bonne adhérence sur toutes les surfaces.
- Pas de nécessité de catalyseur, ce qui améliore encore la résistance à l'hydrolyse.

Les systèmes à base de polyurée appliqués manuellement présentent la plupart des caractéristiques citées ci-dessus. Ils sont ainsi souvent utilisés pour des réparations et en complément de produits de pulvérisation. Ce qui les distingue de façon significative, c'est, d'une part, un temps de réaction plus long, qui permet justement une application manuelle, et d'autre part, l'utilisation ponctuelle de solvants.

De par leur application et leurs caractéristiques, les systèmes polyurée appliqués manuellement ressemblent sensiblement aux produits à base de polyuréthane. C'est pourquoi ce rapport traite en priorité des produits appliqués par pulvérisation.





4.2 Domaines d'utilisation

4.2.1 Étanchéité

■ Revêtements d'étanchéité de toiture

Les toits, tout particulièrement les toits plats, exigent un système d'étanchéité hautement performant, surtout lorsqu'un grand nombre de trémies compliquent la structure du toit (p. ex. équipements de conditionnement d'air, dômes de lumière, cheminées). Dans ce cas de figure, il est particulièrement avantageux et plus sûr d'appliquer un matériau liquide qui épouse les irrégularités de la toiture. Avec le durcissement, on obtient une membrane continue. La rapidité de réaction permet l'application d'importantes épaisseurs même sur les surfaces verticales.



Les revêtements d'étanchéité en polyurée permettent d'obtenir des films de protection de grande durabilité sur les toitures. Ils se caractérisent par leur très forte tenue dans le temps (même si un jaunissement dû aux UV peut être observé) et leur flexibilité même à basse température, ce qui compense les mouvements de la toiture.

En Allemagne, les revêtements d'étanchéité de toiture en matières synthétiques liquides sont soumis à la norme DIN 4102 Partie 1 et 7, ainsi qu'à la norme DIN 18531. Dans l'actuelle édition du guide ETAG 005 «Guide d'Agrément Technique Européen des matières d'étanchéité de toiture par application de liquides», le groupe des polyurées figure provisoirement au sein du groupe des polyuréthanes (Partie 6 «Dispositions spécifiques pour les matières d'étanchéité de toiture à base de polyuréthane»).

■ Etanchéité de tabliers de viaducs en béton

Il est classique d'appliquer des membranes liquides pulvérisées pour réaliser l'étanchéité de tabliers de viaducs en béton ainsi que de leurs chapeaux. Le risque d'imprégnation du béton par des chlorures, dû aux salages pendant les périodes de gel est ici beaucoup plus important que sur les autres ouvrages en béton. En règle générale, les différentes couches peuvent être appliquées en respectant l'ordre suivant:

- Grenailage ou sablage et nettoyage du support béton
- Primaire en résine époxy, saupoudrage avec du quartz
- Couche d'étanchéité en polymère, pontage des fissures (= film liquide pulvérisé)
- Couche de liaison
- Enrobé



Peu de systèmes appliqués en Allemagne ont la certification „ZTV BEL-B 3 „. Jusqu'à présent ce sont ceux utilisant des matériaux en uréthane ou en uréthane hybride. Sur cette membrane liquide, l'enrobé est appliqué à une température d'environ 230-250°C. Dans ce cas, le polyurée apporte la résistance thermique nécessaire et peut ainsi servir de membrane d'étanchéité.

Comme le démontrent les exemples d'autres pays, la technologie Polyurée a également été utilisée avec succès lors de la remise en état d'autres éléments en béton des grands ponts, comme les appuis, les piles et les tabliers (le pont de San Mateo de San Francisco en Californie aux USA en est un illustre exemple).

En Europe de l'Ouest, le coût important des matériaux représentait jusqu'à présent un frein au développement des systèmes polyurée dans ce domaine.



■ Étanchéité des voies ferrées

La structure des voies ferrées est divisée en superstructure et en infrastructure. La superstructure comprend les couches intermédiaires (également élastomères) et il existe aussi une construction spéciale appelée «chaussée rigide». Pour cette construction, la voie sur radier (imposée depuis les années 90 notamment pour la construction de lignes à haute vitesse) est posée sur asphalte ou béton. En Allemagne, l'application de membranes liquides sur béton et sous ballast comme système d'étanchéité souple n'est pas encore très répandu. Ceci dit, en milieu chaud-humide et/ou sous un climat maritime, l'action du sel et de l'humidité sur le béton sous ballast est significative. Ainsi, on recherche des systèmes d'étanchéité robustes et souples capables de prévenir les dégâts à long terme sur ces constructions. Une membrane polyurée peut être une solution adaptée, puisque non seulement elle apporte, grâce à sa souplesse, une étanchéité sur le béton, mais offre également des caractéristiques de résistance au sel et à l'humidité. Pour les fondations, les matières synthétiques liquides ne présentent pas d'intérêt.

■ Étanchéité des auges à ballast

Si l'amortissement des vibrations des rails est réalisé à l'aide d'un lit de ballast, il faut protéger les auges à ballast des ponts ou tracés en béton de l'infiltration de l'eau et de l'abrasion causée par le concassé.

Après avoir poncé la surface en béton des ponts, on applique un primaire époxy, puis on pulvérise le polyurée pour constituer une membrane étanche d'une épaisseur moyenne d'environ 5mm. La membrane d'étanchéité doit résister à une pression d'eau de 100 kPa, présenter une force d'adhérence de 1 MPa minimum et être résistante au sel, à l'huile et aux rayons UV. Afin de compenser les fissures statiques et dynamiques dans le béton à basse température, la capacité d'allongement de la membrane doit être supérieure à 100%. La résistance thermique s'étend de -40°C jusqu'à une température maximale de 250°C pour une exposition de courte durée. La résistance à l'abrasion du lit de ballast est testée selon les normes appliquées dans la construction ferroviaire. Un exemple de l'utilisation d'un polyurée pour cette application est le nouveau «Bothnia Line» dans le Nord de la Suède.

■ Étanchéité des tunnels

Les figures 2a et 2b représentent la structure classique d'une construction de tunnel. Dans le tunnel principal, la membrane d'étanchéité se trouve derrière les éléments inférieurs en béton. Dans le tunnel de service et dans la zone d'évacuation du tunnel, la membrane d'étanchéité reste visible. Chacune des deux dispositions est soumise à des exigences différentes en terme de comportement au feu. Quand la membrane se trouve derrière les éléments en béton (construction en sandwich), le niveau B2 (selon DIN EN 13501-1) du classement au feu européen est exigé. Pour les surfaces d'étanchéité visibles, le niveau A2 est exigé. En l'état actuel de la technique, les revêtements organiques n'atteignent pas le niveau A2.

Figure 2: Construction de tunnel typique

Fig. 2a: Tunnel principal – mise en place conventionnelle des différentes couches

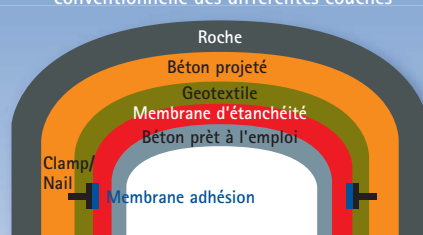
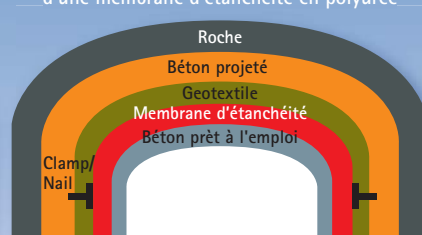


Fig. 2b: Tunnel principal – mise en place d'une membrane d'étanchéité en polyurée





Lorsque le tunnel principal est construit selon le système „sandwich,, l'application par pulvérisation de revêtements polyurée présente le grand avantage d'une bonne adhérence sur les textiles humides ou sur le gunitage, alors que l'utilisation d'une membrane étanche conventionnelle nécessite toujours des fixations mécaniques ou des systèmes adhésifs coûteux.

Lors de l'application de revêtements polyurée, des quantités relativement minimes de monomères réactifs sont libérées. Comme la présence de monomères isocyanate dans les aérosols est interdite lors de toute application dans les grands tunnels (d'une longueur de plus de 500m environ) et, du fait des difficultés du renouvellement de l'air, des tests supplémentaires sont prévus. L'inconvénient majeur est de parvenir à sécuriser le taux de renouvellement d'air nécessaire dans les constructions de tunnels de cette taille.

■ **Étanchéité en contact direct avec la terre et l'eau**

En Europe, dans le domaine des systèmes d'étanchéité en contact avec la terre (étanchéité souterraine), le polyurée n'a jusqu'à présent été appliqué qu'à de rares mais coûteuses occasions. C'est surtout dans des galeries en Suisse que ces systèmes d'étanchéité exposés à des sollicitations dynamiques ont été mis en œuvre. Mais dans la majorité des cas, on utilise un système hybride PU-PUA.

Lors de la construction de l'aéroport d'Incheon en Corée, deux îles ont dû être reliées entre elles. Afin de permettre aux piliers en béton du métro et des voies ferrées de résister à la pression de l'eau de la mer, on a appliqué un primaire en PU suivi d'un revêtement polyurée.

A plusieurs reprises, un revêtement polyurée est venu protéger des constructions de ponts en béton se trouvant en zone immergée. L'application rapide entre deux marées de ce revêtement a été un réel avantage (par ex. le pont San Mateo en Californie).

Pour les constructions d'écluses ou de ponts en acier, les systèmes polyurée ou hybrides ne sont utilisés comme revêtement industriel que sur les parties métalliques préfabriquées. Dans ce domaine, on ne les utilise pas pour la protection du béton.

4.2.2 Protection anticorrosion des ponts en acier

Le polyurée offre une protection anticorrosion de l'acier très efficace et durable (pour les poutrelles en acier par exemple). En témoignent de nombreux exemples tels que des revêtements de réservoirs ou de cuves métalliques, de bennes, de poutrelles... Les avantages d'une application sur les ponts sont les suivants : un temps de réaction court, une application rapide et une relative insensibilité aux paramètres extérieurs. Entre temps, un bon nombre de tests faits sur des surfaces de réparation (entre autres en Allemagne) démontrent que le polyurée peut également être utilisé avec succès pour protéger les parties métalliques des ponts.

Aux Etats-Unis également, plusieurs exemples confirment le succès des applications polyurée pour la rénovation ou en protection anticorrosion de constructions métalliques, dont divers ponts. Ainsi, le polyurée couvre diverses parties du Golden Gate Bridge.

Cependant, malgré les nombreuses expériences positives dans le monde, la technologie polyurée n'a pas encore réussi à s'imposer dans ce domaine d'application.





4.2.3 Protection du béton

■ Sols industriels, vitrifications

Les sols des halls de fabrication, des ateliers, des entrepôts, entre autres, sont soumis à de nombreuses sollicitations. Le poids des chariots élévateurs, la pollution des huiles, des carburants et des produits chimiques mettent les sols à très rude épreuve. La vapeur chaude et les agents de nettoyage industriels sont souvent des modes de nettoyage agressifs, qui abîment aussi le sol.

Grâce à leurs propriétés spécifiques – dureté doublée d'une grande élasticité et d'une très bonne stabilité thermique – les revêtements polyurée offrent aux sols une protection fiable face à ces sollicitations. En fonction des besoins, on ajuste les caractéristiques des revêtements par le choix des matières premières. Dans le domaine des sols industriels et des vitrifications, les revêtements polyurée présentent deux avantages importants:

1. Une des meilleures tolérances climatiques lors de l'application du revêtement.

Ainsi, la période d'application annuelle s'allonge considérablement, commençant au tout début du printemps et se terminant à la fin de l'automne. Les interruptions dues à la météo (p.ex. la pluie) sont réduites.

2. Application et durcissement rapides

Le temps d'interruption de l'exploitation (p.ex. d'une production) représente une bonne partie du coût global de l'opération, tout particulièrement en cas de rénovation. L'application rapide (p.ex. avec la machine de projection 2-c pour le polyurée bi-composant) et le durcissement rapide (application par projection, revêtement polyaspartique) permettent, contrairement aux systèmes conventionnels, de raccourcir considérablement la période d'immobilisation. En Europe, dans le domaine des sols industriels épais, la part des revêtements polyurée reste relativement faible comparée aux revêtements connus tels que les revêtements en polyuréthane ou les revêtements hybrides en polyuréthane-polyurée. Cependant ces dernières années, l'application de revêtements polyurée a clairement augmenté. Les supermarchés, pour lesquels le facteur temps est très important, sont des exemples bien concrets dans ce domaine.

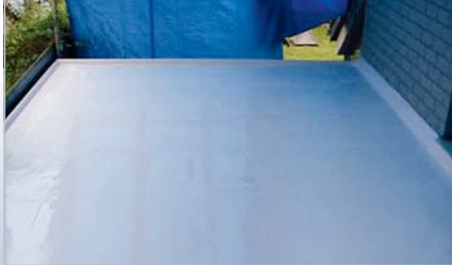
■ Sols sportifs et aires de jeux

Les pistes d'athlétisme des stades, les sols des gymnases ou des salles de sport nécessitent un revêtement d'une très haute performance en terme d'élasticité et de résistance mécanique. Dans ce domaine très spécifique, un revêtement en polyurée bi-composant à base de résine stable aux UV polyaspartique est utilisé comme revêtement grand teint, peinture de marquage et vitrification résistante à l'abrasion.

■ Revêtement des sols de parkings et des rampes d'accès

Les membranes polyurée, seules ou en combinaison avec une protection contre l'usure, résistent aux sollicitations mécaniques et chimiques auxquelles sont exposées les zones carrossables. Les revêtements se caractérisent par leur grande élasticité et leur durabilité. On peut adapter le degré de résistance à l'abrasion au travers de la formulation. Les pigments inorganiques peuvent colorer durablement les revêtements. Tout d'abord en Allemagne puis en Europe, les membranes polyurée ont été évoquées et spécifiées dès le début des années 90, notamment en tant que barrage contre l'humidité dans des systèmes composites sur des zones carrossables („OS-F...”, aujourd'hui „OS-11...”). Tandis qu'en Europe la membrane est protégée de la sollicitation mécanique par une couche d'usure saupoudrée, dans l'ouest des Etats-Unis la protection contre l'usure (le saupoudrage) est déjà incorporée au système d'étanchéité en polyurée. Pourtant ces applications formulées avec des prépolymères aromatiques ou aliphatiques sont, d'un point de vue mécanique, nettement plus dures que les membranes citées dans les directives allemandes „OS-11...”.





■ Revêtement des balcons et des terrasses

A côté d'une multitude de polyuréthanes mono-composants, les polyurées polyaspartiques sont utilisés depuis peu pour les couches de finition résistantes aux UV. Leur durcissement rapide (catalysant à l'humidité) ajouté à leur bonne résistance aux UV et à la sollicitation mécanique constitue leur principal avantage. Depuis peu, on teste les revêtements polyurée, à base d'isocyanates aromatiques ou aliphatiques, appliqués à la main ou avec une machine, pour les revêtements de terrasses et de balcons (en Belgique par exemple).

■ Revêtement intérieur des tours de refroidissement

Les revêtements intérieurs des tours de refroidissement doivent respecter des contraintes importantes car ils sont exposés à la condensation et aux fumées. Afin de fournir une protection de longue durée pour les structures en béton, il est nécessaire d'utiliser des revêtements ayant une excellente résistance aux produits chimiques. Le polyurée a démontré ses avantages techniques dans la construction de centrales électriques aux Etats-Unis et en Asie.

4.2.4 Protection des eaux

La loi sur les ressources en eau stipule qu'en cas de fuite de containers chimiques, des bassins de rétention appropriés doivent protéger l'environnement et les eaux souterraines. A long terme, le béton constituant les bassins de rétention ne résiste pas à grand nombre de produits chimiques liquides.

Il ne peut être considéré comme parfaitement étanche et résistant à la fissuration qu'après des mesures et une mise en œuvre bien spécifiques. Il est nécessaire de protéger efficacement et durablement les bassins de rétention et les sols de l'infiltration de substances polluantes pour l'eau dans les installations de stockage, de remplissage et de manutention. Des revêtements Polyurée résistants aux produits chimiques et non fissurants ont fait leurs preuves dans ce domaine et assurent, pour plusieurs années, la protection souhaitée même en extérieur et avec une forte sollicitation mécanique, comme par exemple dans des zones carrossables.

4.2.5 Réhabilitation des regards, des égouts et des stations d'épuration

Une des premières applications du polyurée a eu lieu aux Etats-Unis pour la réhabilitation de ce que l'on a appelé les „trous d'hommes,„ („sewage manholes,„). Les chantiers des bassins de décantation, des puits, des séparateurs de graisse présentent très souvent des conditions d'application particulièrement difficiles, notamment une hygrométrie importante. Par rapport à d'autres constructions, le béton est ici souvent beaucoup plus abimé ou corrodé qu'ailleurs sous l'action des acides sulfuriques biogènes. La résistance aux acides sulfuriques, une relative insensibilité à un environnement humide et une application fiable même à des températures extrêmes constituent les principaux avantages du polyurée pour la réhabilitation de ces ouvrages. En règle générale, le polyurée adhère même sur un béton qui n'a pas encore complètement séché.

Cependant, tout particulièrement pour l'application du polyurée, l'applicateur doit travailler très soigneusement. Il faut toujours effectuer une préparation adaptée de la zone à traiter : grenailage ou sablage de la surface du béton, application à une température de 3°C minimum au-dessus du point de rosée (utilisation d'un chauffage le cas échéant). Par rapport à la préparation des supports, le polyurée a également prouvé sa fiabilité sur des tissus de verre suspendus ou le GRP (plastique renforcé de fibre de verre). On a développé et déjà utilisé avec succès toute une série de techniques innovantes. Les besoins en réhabilitation de l'ensemble des réseaux des eaux usées sont très importants.





4.2.6 Réservoirs d'eau potable et piscines

L'eau potable est la denrée la plus importante au monde et, de fait, doit être protégée du gaspillage et de la pollution. De nombreuses législations vont ainsi dans ce sens.

Le polyuréthane est de plus en plus utilisé pour revêtir des conduites ou des réservoirs d'eau. Tant par la combinaison d'une bonne résistance à l'abrasion et d'un haut degré de dureté, que par leur insensibilité aux différentes influences hygrométriques, les revêtements polyuréthane s'avèrent particulièrement appropriés pour la réhabilitation de tuyauteries.

En cas de contact direct du polyuréthane avec l'eau potable, il faut observer un certain nombre d'exigences spécifiques concernant la libération de substances toxiques. Comme il n'existe à ce jour pas de réglementation européenne homogène concernant les matériaux en contact avec l'eau potable, ces derniers doivent répondre aux règlements nationaux en vigueur. En Allemagne, il s'agit entre autres de la „Beschichtungsleitlinie de l'UBA„ (directive en matière de revêtements édictée par l'Agence Fédérale Allemande de l'Environnement), autrefois „KTW-Empfehlungen„ (recommandations pour l'évaluation hygiénique des revêtements organiques en contact avec l'eau potable) – disponible sur www.uba.de.

Les règlements en vigueur en Allemagne restreignent l'utilisation d'amines et d'isocyanates aromatiques (test de migration pour les amines aromatiques). C'est la raison pour laquelle les amines et les isocyanates aliphatiques sont utilisés comme bases pour les produits polyuréthane dans le domaine de l'eau potable.

■ Revêtement de piscines

Un revêtement d'étanchéité fait avec un matériau appliqué à l'état liquide, qui de ce fait s'adapte parfaitement à la géométrie de la piscine, est particulièrement économique et sûr. Après durcissement, il ne reste qu'une membrane continue.

Le rôle des revêtements de piscine est de protéger la construction du bassin contre l'eau et les produits de désinfection, sans nuire d'aucune manière à la qualité de l'eau du bain.

La nuisance des UV et la multiplicité des produits chimiques présents dans l'eau des piscines (p.ex. produits de désinfection, huiles solaires) exigent une grande qualité de revêtements.



4.2.74 Création et réalisation décoratives

■ Façades

Il résulte de leur application aisée par pulvérisation et de leur prise rapide peu de coulures, peu de bulles d'humidité et de rares défauts de surface. Les polyuréthane, aliphatiques en particulier, ont fait leurs preuves pour les revêtements de supports tridimensionnels en mousse, bois, béton ou enduit. Faire le choix des polyuréthane comme matériaux, c'est s'offrir une grande amplitude de possibilités quant aux épaisseurs des revêtements et par là même obtenir des surfaces mécaniques très résistantes.

Les architectes et designers peuvent laisser libre cours à leur créativité. Cependant, les réglementations en matière de protection incendie représentent encore un obstacle à prendre très au sérieux.

■ Création de parcs à thèmes

Pour la création d'un paysage ou de sculptures pour des parcs à thèmes ou pour des expositions par exemple, on utilise souvent comme matériaux la mousse de polystyrène ou la mousse de polyuréthane. Pour leur temps de durcissement court, mais aussi leurs très bonnes propriétés mécaniques, on utilise les systèmes aromatiques de polyurée projeté. Hautement réactifs, ils permettent de protéger la structure de base et de renforcer la surface. On achève la création par une couche de vitrification dans une couleur „stable„.

Un exemple de ce genre d'application nous est donné par une statue de „Ambiorix„, mesurant 10 mètres de haut et ayant été fabriquée pour Land Van Ooit à Tongeren, en Belgique (elle a été vendue ensuite à un parc à thèmes en Finlande).



4.2.8 Revêtement élastique sur bois

Contre toute attente, c'est grâce à sa grande flexibilité et à sa bonne perméabilité à la vapeur d'eau que le polyurée, tout comme le polyuréthane, se prête très bien au revêtement de matériaux en bois. La tendance des architectes s'oriente vers des façades lisses et continues avec une liberté de création du point de vue des couleurs, ce qui nécessite des matériaux sans armature ni joint. Ce rendu n'est possible qu'avec des revêtements élastiques projetés, le taux d'étirement exigé ne pouvant être atteint dans la plupart des cas qu'avec des systèmes hybrides en polyurée-polyuréthane. Nous n'avons que peu d'expériences dans ce domaine, reposant sur un petit nombre de constructions (Parasol à Séville, en Espagne, est en construction avec un système hybride en polyurée-polyuréthane). De ce fait, il n'existe pas encore de règlements proprement dits.

4.3 Comportement au feu du polyurée

Les formulations de polyurée sans additif ignifugeant obtiennent, selon la norme EN 13501-1, en règle générale le classement européen au feu „E„ ou „Efl„, pour les revêtements de sol.

Un classement au feu supérieur est possible avec l'ajout d'additifs ignifugeants.

L'utilisation du polyurée va se multiplier dans le domaine des systèmes intumescentifs grâce à sa possibilité d'application, de durcissement et de compacité rapides, ainsi qu'à son application possible en couche épaisse (voir Annexe).





5 ÉVALUATION DES INGRÉDIENTS

5.1 Matériaux de base du polyuréée

■ 5.1.1 Polyisocyanates

A ce jour, l'industrie du bâtiment utilise les polyisocyanates, les isocyanates polymériques ou oligomériques et leurs prépolymères.

Les systèmes polyuréée sont majoritairement à base de prépolymères de diisocyanate de diphenylméthylène (MDI) ou de leurs homologues. En règle générale, les prépolymères MDI contiennent entre 10 et 18% d'isocyanates.

Dans les installations industrielles des fabricants de matières premières, on emploie, lors de la fabrication des mélanges destinés au secteur du bâtiment, des monomères avec une classification allant de 'nocifs pour la santé' jusqu'à 'hautement toxiques'.

Les fabricants de matières premières veillent à ce que ces produits de base soient transformés dans des usines chimiques présentant une haute fiabilité de process. Les entreprises formulatrices ont ainsi à disposition des produits intermédiaires avec un potentiel de risque bien moins élevé pour fabriquer des produits finaux destinés au secteur du bâtiment.

Bien que classé nocif pour la santé, le MDI n'est que faiblement volatile dans l'atmosphère et lors d'un usage conforme, ne présente aucun danger (à température ambiante, le taux VLEP n'est pratiquement jamais atteint). La plupart des applications de polyuréée étant faite par pulvérisation, il faut tenir compte pour le contrôle du taux de VLEP de la formation de nuages de vapeurs chargés en isocyanates.

Tels qu'utilisés par exemple pour des revêtements de balcons ou façades résistants à la lumière et aux intempéries, les prépolymères d'isocyanate à base de diisocyanate hexaméthylène (HDI), classés non toxiques, contiennent moins de 0,5% de ce monomère. Les prépolymères d'isocyanate à base de diisocyanate de toluène (TDI), classés non toxiques, qui sont utilisés pour des revêtements élastiques sur les parkings non couverts, contiennent par exemple moins de 0,1% de ce monomère.

Ainsi, les utilisateurs des produits finis ont à disposition des produits de synthèse qui ont été libérés de ces matériaux à risque et qui peuvent être appliqués à la main. Comme en règle générale les systèmes polyuréée sont appliqués par pulvérisation, il est impératif de suivre certaines mesures de sécurité au travail comme le port de vêtements et de masque protégeant efficacement la peau et le système respiratoire, l'emploi d'un système d'aspiration ou l'utilisation de cabines de pulvérisation.

Suite à quelques rares cas de contacts intensifs et répétés avec la peau, on évoque les isocyanates aromatiques comme facteurs possibles d'un asthme allergique.

Les personnes sensibles aux isocyanates ne doivent pas continuer à travailler avec des produits de construction contenant cette substance.





■ Amines

Les amines utilisées dans le secteur du bâtiment se divisent en trois grandes catégories: les polyéthéramines, les amines cycloaliphatiques et les amines aromatiques à encombrement stérique.

En règle générale, les mélanges de différentes amines, majoritairement des polyéthéramines, sont ajoutés à la partie durcisseur suivant les caractéristiques souhaitées. Les polyéthéramines utilisées ont une masse moléculaire entre 400 et 5000; elles réagissent extrêmement rapidement avec les groupes isocyanates. Cette réactivité ne change pratiquement pas, même à des températures très basses. L'utilisation de catalyseurs n'est de ce fait pas nécessaire.

Parallèlement aux polyéthéramines, on utilise des allongeurs de chaînes comme modificateurs. Il s'agit ici de diamines aromatiques à encombrement stérique ou de diverses diamines cycloaliphatiques secondaires qui interviennent sur le processus de réticulation. Les esters polyaspartiques („Polyaspartics,“) forment un autre groupe de diamines cycloaliphatiques secondaires qui sont essentiellement utilisées dans des systèmes appliqués manuellement. Lors d'un usage conforme aux prescriptions et selon le respect des mesures de sécurité au travail, ces matières ne représentent aucun danger.

Polyéthéramines

Les polyéthéramines sont fortement alcalines et peuvent provoquer des irritations, voire des brûlures de la peau et des muqueuses. En cas d'ingestion, le taux de toxicité varie selon la longueur de la chaîne et le degré de ramification. Elle peut varier de pratiquement non toxique (linéaire, à longue chaîne) jusqu'à très toxique (très ramifiée). Les polyéthéramines n'ont pas de propriétés mutagènes et ne sont pas considérées comme sensibilisantes pour la peau.

La classification des risques pour l'environnement est hétérogène. Elle comprend non seulement quelques rares substances dangereuses pour celui-ci, mais aussi des substances ayant des impacts moins significatifs et qui sont en conséquence classées non dangereuses pour l'environnement.

Amines cycloaliphatiques

Les propriétés de l'amine peuvent varier en fonction de la structure propre à cette dernière. Généralement les amines sont classées toxiques ou dangereuses pour la santé et peuvent avoir des effets corrosifs lors d'une ingestion. En règle générale, elles ne sont pas irritantes pour la peau, mais peuvent être sensibilisantes. Elles sont toxiques pour les organismes aquatiques et peuvent avoir des effets néfastes à long terme dans les eaux.

Amines aromatiques à encombrement stérique

Les substances de cette catégorie ne sont que peu irritantes. Généralement, elles ne sont pas irritantes pour la peau, mais peuvent parfois l'être pour les yeux. Certains types sont dangereux pour la santé dès le premier contact, d'autres ne sont pratiquement pas toxiques. Par contre les amines aromatiques peuvent perturber le flux de l'oxygène dans le sang (formation de méthémoglobine) et provoquer en outre une sensibilisation cutanée. La majorité des amines à encombrement stérique est classée et étiquetée dangereuse pour l'environnement. Les sociétés membres de la „Deutsche Bauchemie“ (l'Industrie Chimique Allemande) s'engagent à n'utiliser dans les revêtements polyuréthane que les amines aromatiques classées non cancérigènes.

■ Diluant réactif

Des diluants réactifs sont parfois utilisés dans les systèmes polyuréthane. Ils servent à réduire la viscosité de la composante isocyanate et aident le produit projeté à se répartir en une couche régulière. Etant donné qu'ils ont été ajoutés à la matrice des polymères, aucun composé organique volatil (COV) ne s'en dégage.



5.2 Charges, pigments et retardateurs de flamme

■ 5.2.1 Charges, pigments

En général, les revêtements sont composés, outre le liant, de charges et de pigments. Mais puisque la viscosité du système doit être tenue basse, la quantité de ces derniers ne peut être que limitée.

Habituellement, on ajoute les charges pour influencer les propriétés mécaniques, ainsi que pour diminuer le coût du revêtement. On utilise des charges chimiquement inertes comme la baryte, la poudre de quartz ou également des charges de renforcement à base de silice, y compris des fibres de verre courtes.

On ajoute les pigments sous forme de poudre, de pâte ou dispersés dans du polyéthylamine. Ils servent soit de colorant, soit pour rectifier le rapport de mélange. La pigmentation se fait au moyen de pigments inorganiques et/ou organiques. A cause du risque de floculation ou de réaction chimique, il est nécessaire de faire un test avec les pigments, qu'ils soient en poudre ou en pâte, avant l'application finale.

Ce genre de système de revêtements nécessite des charges et des pigments ayant un pH le plus neutre possible afin d'obtenir un temps d'application assez long. L'alcalinité ainsi que l'acidité ont un impact sur le temps d'application.

■ 5.2.2 Retardateurs de flamme

Les solutions de protection contre les flammes sont généralement le résultat de développements bien spécifiques et sont adaptées individuellement aux différentes exigences. Pour cette raison, une comparaison directe entre les différentes classes de retardateurs de flamme n'est pas si simple. Il est tout de même possible de faire une évaluation approximative.

Les retardateurs de flamme halogénés sont très efficaces comme protection contre les flammes et agissent, de par leur réaction en phase gazeuse, d'une façon pratiquement indépendante du substrat. La libération d'halogénures d'hydrogène corrosives, les grandes densités de fumée (la plupart du temps) et la formation de produits de combustion toxiques constituent les points négatifs des composés halogénés.

Le tris(2-chloroisopropyl)phosphate (TCPP), par exemple, est un des retardateurs de flamme halogénés utilisés dans les systèmes polyuréthane. Par contre, n'ayant pas été ajouté à la matrice des polymères, il peut engendrer des émissions de COV. Par ailleurs, en fonction de son dosage, son effet plastifiant bien connu peut avoir un impact négatif sur les caractéristiques mécaniques. Le TCPP est classé dangereux pour la santé.

C'est pourquoi les utilisateurs finaux demandent de plus en plus souvent des retardateurs de flamme qui soient peu enclins à migrer et sans halogène. En cas d'incendie, les retardateurs de flamme sans halogène ont l'avantage de ne pas charger les gaz de fumée de gaz toxiques supplémentaires.

Les retardateurs de flamme non halogénés à action chimique et/ou physique sont eux aussi vraiment efficaces. Les polyphosphates d'ammonium peuvent par exemple être la base de ce genre de retardateurs de flamme sans halogène.





6 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Certaines substances de base, utilisées dans la fabrication du polyuréthane, sont classées nocives ou toxiques pour les organismes aquatiques. Ces substances de base ainsi que leur formulation appartiennent aux classes de pollution des eaux 1 à 3. Pour plus d'information se référer aux chapitres sur le transport et le stockage.

Afin de préserver les ressources naturelles, la loi allemande sur l'eau et les milieux aquatiques („Wasserhaushaltsgesetz – WHG,“) et celle sur la protection des sols („Bundesbodenschutzgesetz – BBodSchG,“) stipulent que toute altération nocive de la nappe phréatique et/ou des sols doit être évitée ou réduite au minimum.

Les revêtements polyuréthane réticulés sont très largement résistants aux impacts extérieurs, comme la dégradation biologique par exemple, et ne sont pratiquement pas solubles dans l'eau. C'est pourquoi on peut partir du principe que, dû à leur poids moléculaire élevé ainsi qu'à leur mauvaise solubilité dans l'eau, les polyuréthanes ne s'accumulent pas dans les organismes. S'ils sont appliqués de manière appropriée, ils n'impliquent donc pas de danger pour l'environnement.

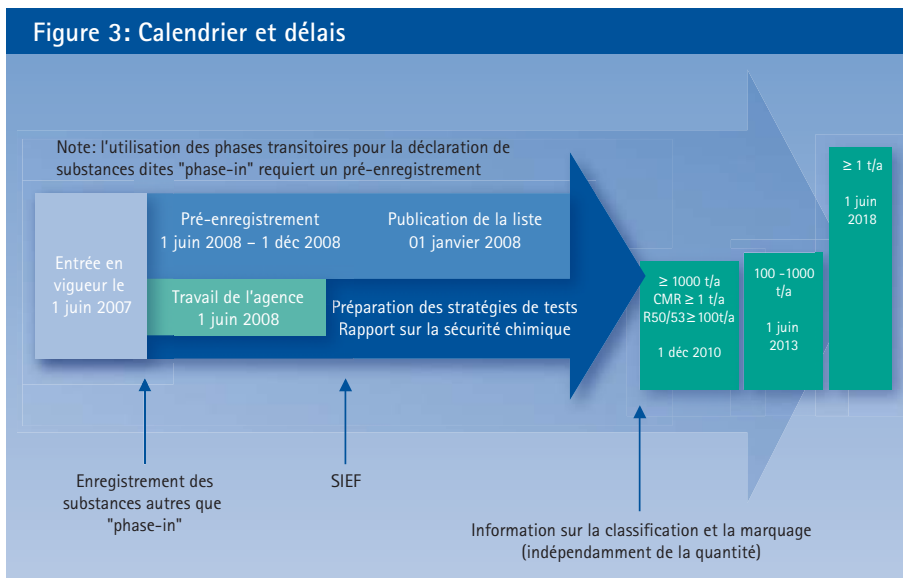
7 REACH

La nouvelle Réglementation Européenne des Produits Chimiques (REACH) est entrée en vigueur le 1er juin 2007 dans tous les Etats membres de l'UE. Elle englobe l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des produits chimiques et doit être suivie par les sociétés concernées. Désormais, l'Union Européenne n'a qu'une seule et unique réglementation sur les produits chimiques. A partir du 1er juin 2008, la réglementation REACH stipule que la production, l'importation ou la mise en circulation d'une substance, telle quelle ou en tant que composante d'une préparation, n'ayant pas été enregistrée préalablement, est limitée à une tonne par an par entreprise. Cependant, certaines substances ne sont pas soumises à cette obligation de déclaration. La réglementation REACH prévoit un régime transitoire. Afin de pouvoir en profiter, chaque fabricant ou importateur doit pré-enregistrer ses substances, sachant que seules les substances appelées substances „phase-in“ peuvent l'être. Il s'agit essentiellement de substances EINECS, c'est-à-dire toutes les substances répertoriées dans l'Inventaire Européen des Substances Chimiques Commerciales Existantes.

Voici ci-dessous les différentes phases transitoires jusqu'à l'enregistrement :



Figure 3: Calendrier et délais





L'Union Européenne a fondé l'Agence Européenne des Produits Chimiques (ECHA). Basée à Helsinki, elle a pour rôle de veiller à la bonne mise en application de la réglementation REACH.

Comme dans la plupart des cas les fabricants de produits de polyuréthane sont des formulateurs, ils font partie généralement du groupe des utilisateurs en aval (appelés également „downstream users,“). Afin d'assurer la future production de ses produits, l'utilisateur en aval doit vérifier auprès de son fournisseur en amont que les produits fournis sont pré-enregistrés et seront ensuite enregistrés comme il se doit. De même, l'utilisation prévue doit être couverte par une édition élargie de la Fiche de Données de Sécurité. Pour cela, il faut informer le fournisseur des matières premières de l'utilisation qui en sera faite. Ces informations servent à évaluer les risques potentiels pour l'homme et l'environnement et sont répercutées dans des éditions élargies des Fiches de Données de Sécurité. A terme, toutes ces indications bénéficieront à l'utilisateur pour lui assurer une manipulation sûre du produit final.

La „Deutsche Bauchemie“ (l'Industrie Chimique Allemande), avec l'appui de „Ökopol,“ (son pôle écologique), a élaboré un guide de la réglementation REACH, dont la première publication date de mars 2008. Ce guide, qui s'adresse tout particulièrement aux formulateurs de produits chimiques pour l'industrie du bâtiment, leur explique brièvement l'essentiel de leurs devoirs et responsabilités (à consulter sur www.deutsche-bauchemie.de).

8 TRANSPORT

Une matière est classée dangereuse, pour son transport, lorsqu'elle est susceptible d'entraîner des conséquences graves pour la population ou l'environnement (p.ex. un produit avec solvant). Ces matières sont répertoriées selon 9 classes. Selon leur mode de transport, elles seront soumises aux réglementations de l'accord ADR/RID et, le cas échéant, des accords RTMDR/RTMDF (route et train, transfrontalier/domestique), IMDG/GGV mer (transport maritime) et ICAO-TI/IATA-DGR (transport aérien). Pour plus d'information, se référer à la section 14 des éditions élargies des Fiches de Données de Sécurité. Le fabricant est responsable de la classification.

Les documents suivants sont à joindre aux marchandises lors du transport:

- Déclaration de marchandises dangereuses (atteste la conformité de la préparation de l'envoi; valable pour IMDG/GGV mer)
- Fiche de Sécurité Transport (existe depuis le 1er janvier 1999, s'adresse au conducteur d'un transport de matières dangereuses, indique les mesures à prendre en cas d'urgence ou d'accident - consignes écrites; n'est plus obligatoire depuis le 2ème semestre 2009)
- Bon de livraison de marchandises dangereuses (contient les informations sur la classification et la quantité, contient aussi les coordonnées de l'expéditeur et du destinataire, le cas échéant les conventions particulières, etc.)

Les prépolymères de diisocyanate de diphenylméthane (MDI) largement utilisés dans les produits de polyuréthane ne sont classés dangereux pour aucun type de transport. Les composantes aminées ou les mélanges sont en règle générale classés comme marchandises dangereuses d'après les règlements de transport. La classification en tant que marchandises dangereuses peut résulter, si nécessaire, de la présence dans le produit de matières inflammables (classe 3) ou de matières dangereuses pour l'environnement (classe 9). Le transport de marchandises dangereuses nécessite un emballage adéquat. Ces emballages sont testés et certifiés selon le moyen de transport et assurent un niveau de sécurité maximal pour le stockage, la manutention et le transport. C'est la classe de matière dangereuse qui détermine les spécifications de l'emballage.



Les règlements de transport de matières dangereuses sont également valables lors d'un transport dans un véhicule de tourisme. Se référer pour cela aux lignes directrices du „VCI„ [41] (Association de l'Industrie Chimique allemande).

Suivant une ordonnance européenne, en application du SGH (Système Général Harmonisé), les substances doivent être répertoriées en classes de dangerosité depuis le 1er décembre 2010 et les préparations devront l'être à partir du 1er juin 2015. En conséquence, la classification peut s'en trouver modifiée. Dans le SGH, les pictogrammes de danger et les symboles sont définis autrement.



9 STOCKAGE

Selon la réglementation sur les substances dangereuses, sont soumis à un étiquetage spécifique les substances et les mélanges contenant tant des polyisocyanates que des amines utilisées dans les produits de polyuréthane destinés à l'industrie du bâtiment. Lors du stockage, il faut tenir compte:

a) De la classification selon le point d'éclair (Directive 67/548/CEE)

Cela concerne le stockage de produits solvantés utilisés pour le nettoyage des machines et des outils. Selon la proportion de solvant présente et son point d'éclair, les composants du polyuréthane peuvent être répartis en trois classes : extrêmement inflammables (F+, R12), facilement inflammables (F, R11) ou inflammables (R10). Ces types de produits sont soumis à l'Ordonnance sur la Sécurité Industrielle et la Santé [29], qui ne prend en considération que les produits ayant un point d'éclair inférieur ou égal à 55°C. Les substances ayant un point d'éclair au-delà de 55°C doivent également être soumises à une évaluation des risques (p.ex. que faire en cas de fuite).

Comme les systèmes polyuréthane sont majoritairement des systèmes sans solvant avec un point d'éclair généralement supérieur à 100°C, ils ne sont pas soumis à l'Ordonnance sur la Sécurité Industrielle et la Santé. Cette ordonnance différencie le stockage requérant ou non une autorisation. La classification est déterminée par la classe de dangerosité du produit, la quantité stockée et le type de conditionnement de stockage. Les exigences concernant les lieux de stockage des liquides inflammables de toutes les classes de dangerosité citées ci-dessus sont consultables dans le „TRbF 20„ (Règles techniques pour les liquides inflammables - Entrepôts), mais seront bientôt regroupées dans le „Règlement Technique pour la Sécurité Industrielle et la Santé„.

b) De la classe de pollution de l'eau (loi et règlement administratifs allemands : „WHG“ et „VwVwS„)

La classe de pollution de l'eau aide à déterminer les éventuels effets néfastes sur l'environnement lors d'une fuite. En Allemagne, ces différentes classes de pollution de l'eau se déterminent suivant le Règlement administratif général de la loi sur le régime des eaux et le Règlement administratif des substances dangereuses pour l'eau. Les polyisocyanates liquides font parties de la classe de pollution pour l'eau 1 (peu polluant). Les amines utilisées peuvent cependant être classées 1, 2 ou de temps en temps 3 (peu polluant, polluant ou très polluant). Les amines aromatiques utilisées appartiennent à la classe de pollution de l'eau 2.

Les exigences concernant l'équipement d'un dépôt, comme par exemple la nécessité de zones de rétention et leur taille, dépendent du type de dépôt, de la capacité de stockage disponible, ainsi que de la classe de pollution de l'eau respective des produits stockés. En Allemagne, elles ne sont pas définies à une échelle fédérale mais à une échelle régionale.

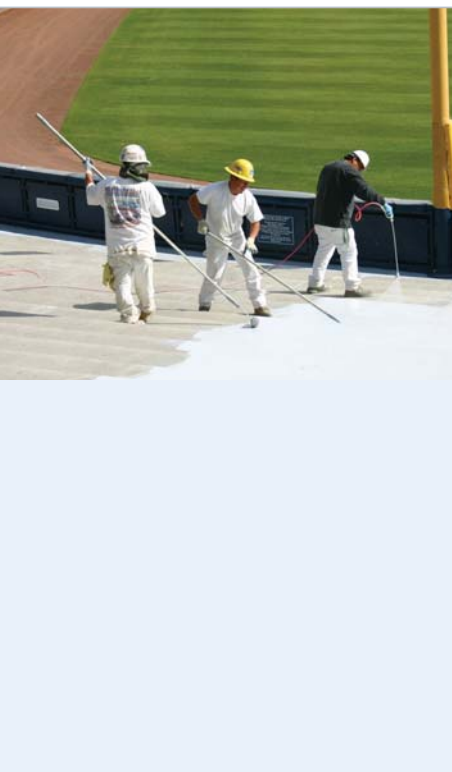


c) Des classifications autres que stipulées au point a) (réglementation sur les substances dangereuses (symbole de danger)

Au-delà des directives générales de la réglementation allemande sur les substances dangereuses, et plus spécifiquement des détails fournis par le § 24, il résulte que les systèmes polyuréthane ne nécessitent aucune mesure particulière de stockage.

Les composantes isocyanates réagissent au contact de l'eau et libèrent du dioxyde de carbone; l'humidité dans l'air est souvent suffisante pour provoquer cette réaction. Après l'ouverture du contenant, en le laissant ouvert ou encore en transvasant les isocyanates, il est possible que la pression du gaz augmente et, que même des emballages de norme UN, donc particulièrement adaptés et sûrs, se dilatent et dans de rares cas même, éclatent, laissant leur contenu se répandre. C'est pourquoi tout récipient ouvert doit être manipulé avec une précaution particulière.

10 MISE EN OEUVRE



Le mélange est le moment le plus important lors de l'application. Un mélange efficace se fait via une chambre de mélange appropriée dotée d'un système de purge mécanique. La pression et la température d'application sont également déterminantes pour un mélange optimal.

Du fait de sa vitesse de réticulation élevée et du court laps de temps dont on dispose pour son mélange, le polyuréthane nécessite une application à haute pression. Pour une application sur place, il est préférable de formuler un système avec un rapport de mélange (volume) de 1:1. La pression d'application se situe entre 150 et 250 bars. Les viscosités des deux composantes doivent être aussi proches que possible l'une de l'autre et idéalement en-dessous de 100 mPa·s.

À 25°C, la viscosité de la composante B est d'environ 900 mPa·s; à température d'application (jusqu'à maximum 80°C), elle baisse en-dessous de 100 mPa·s. Un taux bas de NCO de la composante A conduit à une réactivité plus basse, une viscosité plus haute, mais en même temps à une plus grande élasticité du revêtement. Un taux élevé de NCO baisse la viscosité, ce qui améliore la miscibilité avec la composante B (pour des applications à projection), mais en même temps augmente la réactivité, ce qui en revanche mène à une dureté plus importante de la surface du revêtement. Une part plus importante de 2,4'-MDI-isomères réduit le temps de réaction, améliore le nivellement et assure une qualité de surface.

Des tests ont démontré que, selon la température d'application de 65°C, 70°C ou 80°C, les caractéristiques du film de polyuréthane diffèrent et s'améliorent au fur et à mesure que l'on monte en température.

Les machines de projection offrent les possibilités suivantes:

- Réglage individuel de chacune des deux composantes
- Régulation simple du rapport de mélange
- Contrôle facile de la purge
- Enregistrement clair des paramètres d'application.



Les systèmes polyuréthane s'appliquent avec un indice de NCO légèrement élevé situé entre 1,05 et 1,10. La perte d'humidité des groupes d'isocyanate, lors du stockage et de l'application, est compensée par la réaction à l'humidité des groupes NCO. Les caractéristiques du film de polyuréthane pour un rapport de mélange de 1:1 ont été évaluées pour un indice de 0,90 à 1,15. Le résultat démontre clairement que les meilleures caractéristiques sont atteintes à un indice de 1,05 ou plus. En dessous de 1,05, les valeurs varient énormément et deviennent incontrôlables, même avec une modification de l'indice de 0,02.



Sécurité au travail, équipement de protection individuelle

L'inhalation ou le contact avec la peau peut avoir des effets néfastes sur la santé et/ou provoquer des réactions allergiques. C'est pourquoi il faut toujours :

- Porter des gants, des lunettes et des vêtements de protection
- Porter un appareil de protection respiratoire
- Travailler uniquement dans un endroit bien ventilé.

L'application est strictement réservée à un personnel qualifié. Pour de plus amples informations, consulter la Fiche de Données de Sécurité du produit concerné.

Équipement de protection individuelle, exemple d'une application par projection:

- Protection respiratoire (avec une bonne ventilation) : filtre à particules à efficacité moyenne pour des particules solides et liquides (p.ex. normes EN 143 ou 149, type P2 ou FFP2). Si la ventilation est insuffisante, il est impératif de porter un appareil de protection respiratoire à adduction d'air.
- Protection de la peau: gants de protection appropriés (norme EN 374) ; lors d'une exposition prolongée ou d'un contact direct, l'indice de protection 6, correspondant à un temps de pénétration supérieur à 480min (norme EN 374) est prescrit: p.ex. gants en caoutchouc nitrile (0,4mm), caoutchouc chloroprène (0,5mm), caoutchouc butyle (0,7mm) ou similaire.
- Port d'une combinaison de protection fermée à manches longues et de chaussures de sécurité pour qu'aucune partie de la peau ne soit exposée à l'aérosol.
- Protection des yeux: lunettes de protection avec protection latérale selon la norme EN 166.

11 RETRAIT DU MATÉRIAU ET RECYCLAGE

Selon les connaissances actuelles, il n'y a généralement pas d'effets néfastes pour l'environnement lors du retrait du matériau ou du recyclage d'éléments de construction sur lesquels adhère un système polyuréthane durci.

Étant donné que les systèmes polyuréthane durcis sont des élastomères, le processus de broyage n'entraîne pas la libération de substances dangereuses ou n'a pas d'autres effets néfastes sur les biens recyclés. Si des produits polyuréthane contiennent des substances jugées critiques au niveau du retrait du matériau ou de son recyclage selon la directive de REACH, il faut tenir compte des mesures à prendre stipulées dans les scénarios d'exposition des Fiches de Données de Sécurité.

Le ponçage de revêtements anciens à base de polyuréthane peut générer de fines poussières. L'inhalation de ces fines poussières peut par exemple être évitée par le port d'un masque respiratoire avec filtre à particules. Il faut également respecter les mesures de sécurité s'appliquant à des mélanges explosifs de poussières.

Compte-tenu de la teneur énergétique des systèmes polyuréthane, la valorisation thermique de ces matériaux recyclés constitue une bonne option de valorisation.

12 TRAITEMENT DES DÉCHETS



Selon le décret allemand du 21 juin 1991 relatif à la reprise et au recyclage des conditionnements et emballages, les fabricants et distributeurs sont soumis aux obligations de reprise suivantes:

- Reprise des conditionnements et emballages de transport
- Reprise des conditionnements et emballages de vente

Depuis l'amendement du 27 août 1999 du décret allemand relatif à la reprise et au recyclage des conditionnements et emballages, la reprise des emballages ayant contenu des produits polluants est réglementée. Sont considérés comme polluants, entre autres, les produits soumis à l'interdiction de libre-service selon l'ordonnance allemande d'interdiction de certains produits chimiques.

Afin de suffire à cette obligation de reprise, les fabricants et les distributeurs de systèmes polyurée ont conclu des accords avec des entreprises de collecte ou de recyclage. Les emballages ayant contenu des matériaux polluants peuvent être renvoyés en suivant une voie de traitement de déchets spécifique (par exemple par les sociétés KBS ou Interseroh). Cependant, cela nécessite de la part des applicateurs de systèmes polyurée un tri systématique des différents types d'emballages (tôle, plastique, papier, etc.) pour un recyclage séparé. Pour toute information actualisée et tout particulièrement pour le secteur de la construction, se référer à la rubrique „Verpackung/Entsorgung„ (Emballage/Recyclage) sur le site internet www.deutsche-bauchemie.de.

La condition de reprise des emballages est la vidange complète de ceux-ci. Un emballage est considéré comme vidé lorsqu'il n'y a plus ni égoutture, ni amas (résidus fragmentés).

Après durcissement, les produits de polyurée peuvent être éliminés comme déchets banals. Les déchets liquides générés pendant les différentes étapes d'application doivent être récupérés séparément et dotés de la nomenclature correspondante. Les nomenclatures des déchets sont décrites dans le Catalogue Européen des Déchets (CED). Les matières sont récupérées dans les récipients convenus au préalable avec la société de recyclage.

13 CONCLUSION



Le présent rapport englobe non seulement les applications connues aux niveaux européen et international, mais aussi les potentielles applications du polyurée, principalement dues à son durcissement sûr et rapide avec des conditions climatiques variées et à ses extraordinaires caractéristiques de longévité.

Le fait qu'il s'agisse d'une technologie récente explique son manque de prise en compte directe à ce jour par les règlements se rapportant au sujet et ce, bien que l'on estime les systèmes polyurée équivalents voir supérieurs aux autres systèmes de matières plastiques liquides. Par contre, les sections „Performance„ des règlements européens traitent bien, quant à elles, des produits de polyurée.

Il est prévu qu'ils soient intégrés au plus vite dans les Règlements nationaux concernant l'application. Pour des raisons techniques et pour leur rapport qualité-prix, les maîtres d'ouvrages ont d'ores et déjà une préférence pour les systèmes polyurée pour de nombreuses applications (voir section 4.2.)

14 DOCUMENTATION

■ Généralités

- [1] Godinich, C., Polyurea: A Market Overview, *European Coatings Journal*, October 2000, p. 54.
- [2] Primeaux II, D. J., Fast-Curing Polyurea Spray Elastomers Rapidly Spreading in Commercial Use, *Urethanes Technology*, October-November 2000, p. 37.
- [3] Broekaert, M., Polyurea Spray Coatings, the Technology and Latest Developments, *Paint & Coatings Industry*, October 2002.
- [4] Broekaert, M., Polyurea Spray Applied Systems for Concrete Protection, *Paint & Coatings Industry*, September 2003, p. 70., also in *Pittura E Vernici*, vol. 79, no. 17, October 2003, p.21
- [5] Broekaert, M., Coating Solutions for Concrete Applications, *Concrete*, vol. 41 no. 1, February 2007, p. 20.
- [6] Henningsen, John, Polyurea: leading a revolution in coating technology, *Paint & Coatings Industry*, January 2002, p.
- [7] Liz White, Polyurea needs to build Recognition in Europe, *Urethanes Technology*, vol. 24, no. 6, p. 26
- [8] Case Study, Polyurea Elastomer Helps Bring Rail Line up to Olympic Speed, *Journal of Protective Coatings & Linings*, July 2008, p. 75.
- [9] Limas, Frank; Harris, Dave; Ishmael, Tripp; Polyurea elastomeric protects precast concrete on the San Mateo Bridge in San Francisco, *Roads & Bridges*, February 2002, Vol. 40, No: 2.
- [10] Bertleff, Werner, Verbesserte Polyurea-Coatings, *FAPU März/April 2008*, S.30 -32 (dt.), *FAPU March 2008*, p.30-32 (engl.)
- [11] Broekaert, Marc, Polyurea-Sprühsysteme für Betonschutz (Teil 1), *FAPU Sept./Okt. 2003*
- [12] Broekaert, Marc, Polyurea-Sprühsysteme für Betonschutz (Teil 2), *FAPU Nov/Dec 2003*
- [13] Fallstudie: Ave Maria University singt Loblied auf Polyaspartic, *FAPU Mai/Juni 2008*, S. 31
- [14] Griffin, Jeff, Polyurea Lining Offers Quick-Install, *Spray-On Lining, Underground Construction*, July 2006, p. 35.
- [15] Case Study: Polyaspartic Coating Hits Home Run at Florida Baseball Stadium, *Journal of Protective Coatings & Linings*, April 2005, p. 17.
- [16] Guan, Shiwei William, 100% Solids Polyurethane and Polyurea Coatings Technology, *Coatings World*, March 2003, p.49.
- [17] Hower, Harold, Polyureas - What's in a Name?, *Journal of Protective Coatings & Linings*, December 2003, p. 31.
- [18] Huffman, Lori R., Case Study: Polyurea and Geotextile Paired Up To Protect Waterway Trails, *Protective Coatings Europe*, November 2005, p. 9.
- [19] Huffman, Lori R., Case Study: Out-of-the-Box Thinking Gets Round Tank Squared Away, *Journal of Protective Coatings & Linings*, April 2005, p. 8.
- [20] Huffman, Lori R., Case Study: Polyurea Flooring Handles Traffic and Abuse at Plastics Plant, *Journal of Protective Coatings & Linings*, June 2005, p. 8.
- [21] Upfront: Portfolio, Topped off with polyureas, *Journal of Architectural Coatings*, April/ May 2007, p. 6 (examples of decorative applications).
- [22] Thureau, Courtney T.; Conner, Mark D.; Novel Raw Materials Increase Pot Life, Ease of Applying Polyureas, *Journal of Protective Coatings & Linings*, February 2007, p. 17.
- [23] Takas, Timothy P., 100% solids aliphatic polyurea coatings for direct-to-metal applications, *JCT CoatingsTech*, May 2004.
- [24] Ippoliti, Tony, Combating Corrosion with Coatings, *Industrial WaterWorld*, January, 2009
- [25] Ippoliti, Tony, PolyureaCoatings Win Place in Water, Wastewater Facilities, *WaterWorld*, November 2002.
- [26] Murphy, Bob, New Coating Systems Help Protect Aging Wastewater Infrastructure, *WaterWorld*, March 2004.
- [27] Primeaux II, D.J., 100% Solids Aliphatic Spray Polyurea Elastomer Systems, *Journal of Elastomers and Plastics*, Volume 24, October 1992, pp 323 – 336 (review article).
- [28] J. Ryan, J. L. Stanford, "Polyureas", in: "Comprehensive Polymer Science. The Synthesis, Characterization, Reaction & Application of Polymers", Sir G. Allen, J. C. Bevington, Eds., Pergamon Press, Oxford 1989, Vol. 5, p. 427 ff.





■ Stockage

- [29] Ordonnance allemande sur la Sécurité Industrielle et la Santé („BetrSichV“):
ordonnance sur la sécurité et la protection de la santé pour :
- la mise à disposition des moyens de travail et leur utilisation,
 - la sécurité lors de l'utilisation des installations de l'entreprise qui nécessitent une surveillance,
 - l'organisation interne de la sécurité au travail; „BGBI I S. 3777“.
- [30] Réglementation allemande sur les substances dangereuses („GefStoffV“); Journal Officiel de la République Fédérale Allemande 2008, Partie I N° 62, édité à Bonn le 23 décembre 2008.
- [31] Trois directives concernent le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des matières dangereuses (ABI. EG Nr. L 196 S. 1):
- Directive 67/548/CEE du 27 juin 1967 du Conseil Européen
 - modifiée par la Directive 99/33/CE du Parlement Européen et du Conseil Européen du 10 mai 1999 (ABI. EG Nr. L 199 S. 57),
 - adaptée au travers de la Directive 2004/73/CE de la Commission du 29 avril 2004 (ABI. EU Nr. L 152 S. 1) (directive relative à l'étiquetage).
- [32] Deux directives concernent le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres, relatives à la classification, à l'emballage et à l'étiquetage des préparations dangereuses (ABI. EG Nr. L 200 S. 1):
- Directive 1999/45/CE du 31 mars 1999 des Parlement et Conseil Européens
 - modifiée par la Directive 2004/66/CE du 26 avril 2004 de la Commission (ABI. EU Nr. L 168 S. 35) (directive relative aux préparations)
- [33] Trois directives concernent le rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres relatives à la limitation de la mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations dangereuses (ABI. EG Nr. L 262 S. 201):
- Directive 76/769/CEE du 27 juillet 1976 du Conseil Européen
 - modifiée par la Directive 2003/53/CE du 18 juin 2003 des Parlement et Conseil Européens (ABI. EU Nr. L 178 S. 24),
 - adaptée via la Directive 2004/21/CE du 24 février 2004 de la Commission (ABI. EU Nr. L 57 S. 4) (directive relative aux limitations)
- [34] Loi allemande sur le régime des eaux („WHG“), version du 19 août 2002 („BGBI. I S. 3245“), modifiée par l'article 8 de la loi du 22 décembre 2008 („BGBI. I S. 2986“)
- [35] Directive administrative générale allemande portant sur la modification du Règlement administratif sur les substances dangereuses pour l'eau („VwVwS“); 27 juillet 2005

■ Transport

- [36] Règlement allemand sur le transport national et international des marchandises dangereuses par la route et le rail – Ordonnance sur le transport routier et ferroviaire de marchandises dangereuses („GGVSE“)
- [37] ADR – Accord Européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par la route
- [38] RID – Règlement concernant le transport international des marchandises dangereuses par le rail
- [39] Règlement allemand sur le transport national et international des marchandises dangereuses par bateau – Ordonnance sur le transport de marchandises dangereuses par mer („GGVSee“)
- [40] „IMDG: International Maritime Dangerous Goods Code“, – Code international pour le transport maritime de marchandises dangereuses
- [41] Association des industriels allemands de la Chimie („Verband der chemischen Industrie – VCI“), Guide pour le transport de marchandises dangereuses dans des véhicules de tourisme ou des utilitaires, avril 2008



GLOSSAIRE

La liste des définitions ne prétend pas être exhaustive. Aucune définition de produits chimiques n'est donnée. Un glossaire plus étendu est disponible sur www.deutsche-bauchemie.de.

Additif: Une substance ajoutée en petite quantité à d'autres substances ou produits dans le but d'en modifier les caractéristiques.

Aérosol: Gaz (la plupart du temps de l'air), matière en suspension dans l'air, c'est-à-dire un ensemble de fines particules solides (fumée) ou liquides (brouillard), de taille 10⁻⁷ à 10⁻³ cm.

Allergies: Réaction d'une personne spécialement sensible à certains allergènes. La sévérité de la réaction est indépendante de la concentration de la substance de déclenchement. Sont principalement touchés la peau, les yeux ou les voies respiratoires.

Aquatique: Qui appartient à l'eau, qui se développe, se trouve et/ou vit dans l'eau.

Auto-évaluation: Déduction des classes de pollution de l'eau selon un schéma spécial d'évaluation reconnu par les autorités.

En l'absence d'autre indication, les classes de pollution de l'eau stipulées dans ce rapport d'évaluation sont des auto-évaluations.

Biodégradable: Capacité d'une substance ou d'une matière à se décomposer en composés simples et naturels (p.ex. eau, dioxyde de carbone, biomasse) sous l'action des micro-organismes.

Classes de pollution des eaux: Suivant le § 19g de la loi allemande sur le régime des eaux („Wasserhaushaltsgesetz – WHG„), les substances pouvant modifier de manière préjudiciable la caractéristique physique, chimique ou biologique de l'eau sont divisées en classes de pollution des eaux („Wassergefährungsklassen – WGK„). Pour ce faire, des tests servent à déterminer un degré de risque pour les eaux, évaluant le risque potentiel d'une modification préjudiciable des eaux par des substances et des mélanges.

Classification allemande:

„nwg„ Substance non polluante pour l'eau

„WGK 1„ faiblement polluante

„WGK 2„ polluante

„WGK 3„ très polluante

Classification française, qui précise la qualité de l'eau:

1A Bonne. Absence de pollution de l'eau significative

1B Assez bonne. Pollution de l'eau modérée

2 Médiocre. Pollution de l'eau nette

3 Mauvaise. Pollution de l'eau importante

HC Hors Classe. Pollution de l'eau très importante

DCO Demande chimique en oxygène

Composés Aromatiques: Classe de composés de chimie organique, p.ex. le benzène et ses dérivés, ainsi que des composés d'hydrocarbures annulaires, avec un système d'électrons propre aux composés aromatiques.

COV: Composé Organique Volatile.

Eco-toxicologie: Science qui étudie la diffusion des substances chimiques et leurs effets sur les écosystèmes animaux et végétaux, dans la mesure où la nature et l'homme en sont directement ou indirectement affectés.

Eco-toxicologie: Science qui étudie la diffusion des substances chimiques et leurs effets sur les écosystèmes animaux et végétaux, dans la mesure où la nature et l'homme en sont directement ou indirectement affectés.

„GISBAU„: Système d'information sur les matières dangereuses institué par l'association professionnelle de l'industrie de la construction allemande („BG BAU„).

„GISCODE„: Système de classification du „GISBAU„ qui permet de classer les produits en les regroupant selon leur potentiel de risque.

Hydrocarbures: Composés organiques constitués d'éléments carbone et hydrogène.

Ingestion: Absorption de substances, particules ou autres par la bouche.

Oligomères: Corps composés qui, contrairement aux polymères ne sont constitués que d'un nombre limité de molécules de monomères.

Ordonnance sur les matières dangereuses: Ordonnance réglementant le transport des matières dangereuses.

Ordonnance sur les substances dangereuses: Ordonnance réglementant la prévention face aux substances dangereuses (en Allemagne: „GefStoffV“).

pH: Logarithme décimal négatif de la concentration en ions hydrogènes (ions oxonium) dans une solution aqueuse. Un pH 7 indique la neutralité, un pH < 7 indique l'acidité, un pH > 7 indique l'alcalinité.

Polymères: Substance obtenue par polymérisation, c'est à dire par une transformation chimique pendant laquelle de nombreuses petites molécules d'une ou plusieurs substances se lient pour former de grosses molécules avec de nouvelles caractéristiques.

Sensibilisation: Action répétée sur un organisme d'une substance exogène, induisant une réaction spécifique, lorsque le contact se renouvelle ou si la substance agit une nouvelle fois. La sensibilisation précède l'allergie.

Substances inertes: Substances à faible réactivité qui, en conditions normales, ne participent pas aux réactions chimiques et bio-chimiques.

Toxicologie: Science qui étudie:

- les effets néfastes de substances (poisons, toxines) sur les organismes vivants
- les poisons et les anti-poisons
- les perturbations provoquées par certaines substances sur des systèmes vivants, c'est-à-dire les effets toxiques.

„TRGS“: „Technische Regeln für Gefahrstoffe“: Règles techniques allemandes applicables aux substances dangereuses.

Viscosité: Coefficient physique représentant le degré de fluidité des liquides.

VLEP: Valeur Limite d'Exposition Professionnelle. La Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP) est la concentration moyenne pondérée d'une substance présente dans l'air sur un poste de travail pour une période de référence donnée. Elle indique à partir de quelle concentration une substance peut engendrer des effets graves ou chroniques sur la santé des employés. On la détermine en prenant comme référence une exposition de huit heures par jour, 5 jours par semaine pendant la durée d'une vie active. La Valeur Limite d'Exposition Professionnelle est exprimée en mg/m³ et ml/m³ (ppm ou partie par million).

En Allemagne, la VLEP a été introduite le 1er Janvier 2005 avec la révision de l'Ordonnance sur les Substances Dangereuses („GefStoffV“). Elle remplace la „MAK“ („Maximale Arbeitsplatzkonzentration“) – VME en français (Valeur maximale d'Exposition) – et la „TRK“ („Technische Richtkonzentration“) – recommandation technique des concentrations. Jusqu'à ce que la VLEP soit intégrée à la réglementation technique, on peut continuer à se référer aux valeurs VME et „TRK“ pour déterminer les risques sur un poste de travail.

VME: Valeur Maximale d'Exposition sur un poste de travail; seuil limite de concentration d'une substance (gaz, vapeur ou poussière) dans l'air du lieu de travail.





Deutsche Bauchemie e. V.
Mainzer Landstrasse 55
60329 Frankfurt am Main
Germany
Phone +49 69 2556 - 1318
Fax +49 69 2556 - 1319
www.deutsche-bauchemie.de

