



Westfalen

Bulletin d'information technique pour les professionnels 8



Fluides caloporteurs Antifrogen®.

Vue d'ensemble des propriétés physiques
et chimiques.

Fluides caloporteurs Antifrogen® – votre protection fiable contre le gel.

Une gamme sur complète – les produits Antifrogen® de Westfalen

Tant dans la construction de bâtiments neufs que dans la rénovation de bâtiments anciens, les contraintes en matière d'installations techniques sont de plus en plus complexes.

La distribution de la chaleur et du froid prend une place toujours plus importante dans des bâtiments qui sont de plus en plus isolés.

La mise à disposition de chaleur ou de froid est également essentielle dans de nombreux process de production pour le maintien d'une productivité constante.

Lorsqu'il s'agit de répondre à ces objectifs, les produits Antifrogen® de Westfalen offrent une qualité élevée et une sécurité durable.



Le quatuor qualité : la gamme Antifrogen®.

L'eau utilisée comme vecteur de chaleur et de froid

L'eau est un excellent vecteur de chaleur et de froid. Elle s'accompagne cependant de certains « effets indésirables » : en association avec l'oxygène et certains autres constituants de l'air, l'eau a un effet corrosif. Lorsque les températures sont négatives, elle perd sa fluidité. Les systèmes modernes de production de chaleur et de froid sont très sensibles à ces deux phénomènes.

Le double effet d'Antifrogen®

En mélange avec des additifs adéquats, les propriétés intéressantes de l'eau deviennent exploitables et les risques peuvent néanmoins être exclus de manière fiable. Les quatre produits de la gamme Antifrogen® procurent ici des avantages décisifs : ils conjuguent une protection parfaite contre le gel et des caractéristiques anticorrosion exceptionnelles. Contrairement aux solutions conventionnelles, les produits Antifrogen® sont enrichis de ce que l'on appelle des inhibiteurs de corrosion.

Ces additifs protègent les éléments métalliques du circuit de chauffage ou de refroidissement contre les influences agressives. En même temps, les propriétés d'écoulement requises en fonction de l'application restent garanties même à très basse température.

Produit	Domaines d'utilisation
Antifrogen® N (MEG Monoéthylène glycol)	
Liquide clair de couleur jaune	Pompes à chaleur, systèmes de chauffage à eau chaude, systèmes de récupération de chaleur, chauffage des pelouses, véhicules ferroviaires, installations éoliennes
Antifrogen® L (MPG Monopropylène glycol)	
Liquide clair de couleur bleue	Comptoirs réfrigérés et congélateurs dans le secteur alimentaire, installations de pompe à chaleur, agent extincteur dans les circuits de sprinklers
Antifrogen® KF (Formiate de potassium)	
Liquide clair incolore	Applications basse température, y compris dans le secteur alimentaire
Antifrogen® SOL^{HT}	
Liquide clair légèrement jaunâtre	Installations solaires, en particulier avec des charges thermiques élevées

Antifrogen® – une gamme, quatre atouts

Chaque domaine d'application a ses exigences spécifiques. Pour en tenir compte et pour proposer la solution idéale pour chaque application, il existe quatre versions d'Antifrogen® : Antifrogen® N, Antifrogen® L, Antifrogen® KF et Antifrogen® SOL^{HT}. Tous ces mélanges d'Antifrogen® prêts à l'emploi sont ininflammables, peu dangereux pour l'environnement aquatique et facilement biodégradables.

Composition d'Antifrogen®

En association avec l'oxygène, les glycols purs forment des substances très agressives pour les métaux. L'Antifrogen® n'est pas qu'un glycol. Nous y avons ajouté des inhibiteurs de corrosion qui ont été développés sur la base de nombreuses années d'expérience et de tests approfondis.

En raison de la vitesse élevée des pompes, il existe en outre un risque de formation de mousse, ce qui peut entraîner une érosion du débit volumétrique refoulé.

Pour contrer ce phénomène, Antifrogen® est additionné d'agents antimousse.

Les concentrations minimales, un paramètre important

Pour que les inhibiteurs et additifs puissent faire leur travail, il est impératif de respecter des concentrations minimales. Celles-ci s'élèvent à 20 % en volume pour les mélanges Antifrogen® N/eau et 25 % en volume pour les mélanges Antifrogen® L/eau.

Si l'on ne tient pas compte de ces proportions, l'effet anticorrosion à long terme n'est plus garanti. Il existe également un risque de développement de micro-organismes dans le système. Leurs produits de dégradation libèrent des acides qui attaquent les métaux et peuvent entraîner un colmatage des filtres et de moins bons coefficients de transfert thermique dans le système. Leurs produits de dégradation produisent des acides, qui attaquent les métaux et provoquent des colmatages de filtres et des diminutions des coefficients de transfert thermique.



Antifrogen® N et L sont livrés sous forme de concentré et ne sont pas utilisables tels quels. Il est recommandé de vérifier au préalable les conditions de mise en œuvre et de déterminer la résistance au gel nécessaire. Il convient de ne pas descendre sous les concentrations minimales indiquées, même si la température de protection contre le gel recherchée est plus élevée.

Brève explication des interactions physiques.

Explication à l'aide d'un exemple

Supposons que l'on ait besoin d'une protection contre le gel de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, mais que l'on « préfère » choisir $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$. À une température moyenne de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, la viscosité cinématique ν augmente de $3,49\text{ mm}^2/\text{s}$ à $7,47\text{ mm}^2/\text{s}$. Les pertes de charge relatives par rapport à l'eau ($10\text{ }^{\circ}\text{C} = 1$) augmentent de 1,311 à 1,723 fois. La pompe doit compenser ces pertes par une hauteur de refoulement h plus grande, ce qui peut le cas échéant rendre nécessaire l'acquisition d'une pompe plus puissante. La densité ρ du mélange augmente de $1,031$ à $1,069\text{ kg}/\text{dm}^3$. Cette élévation de la densité est perceptible dans la puissance à l'arbre P nécessaire – ce qui correspond à une consommation d'énergie plus élevée. La capacité thermique spécifique (capacité d'absorption de chaleur) passe de $3,90$ à $3,39\text{ kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$.



Il n'est donc pas conseillé de chercher une « sécurité » excessive quant au niveau de concentration minimale. Comme il est décrit dans cet exemple, cette approche n'aura pas que des incidences sur le prix du produit.



Corrosion dans l'eau de refroidissement.



Au bout de trois heures.



Au bout de trois jours.



Au bout de trois mois.

Exemple de calcul :

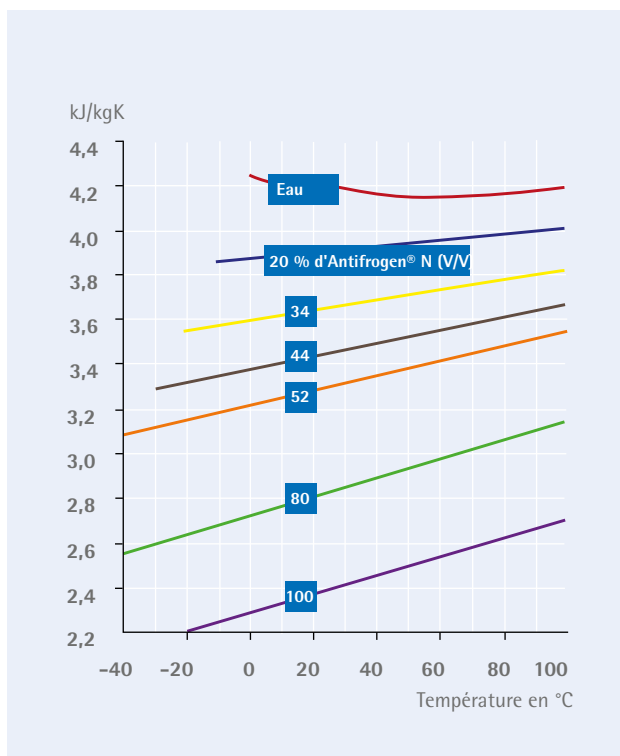
Dans une installation de pompe à chaleur, une puissance thermique \dot{Q} de 56 kW doit être évacuée avec un écart de température ΔT de 5 Kelvin. La perte de charge $\Delta \rho$ dans les conduites et appareillages du circuit a été calculée à 10 mCE. Avec un mélange de 20 % d'Antifrogen® N dans l'eau, on obtient les résultats suivants :

Débit volumique nécessaire \dot{V} :

$$\dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} = \frac{56 \cdot 3.600}{1.031 \cdot 3,90 \cdot 5} = 10,03 \text{ m}^3/\text{h}$$

La puissance de la pompe se calcule comme suit :

$$P = \frac{\dot{V} \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\eta} = \frac{10,03 \cdot 1.031 \cdot 9,81 \cdot 10}{0,6 \cdot 3.600} = 470 \text{ W}$$



Capacité thermique spécifique c avec les mélanges Antifrogen® N/eau.

L'installation est dimensionnée avec ces valeurs et les éléments du circuit sont commandés en conséquence. À l'issue du montage, le réglage est cependant établi pour des « raisons de sécurité » à une protection contre le gel de -29°C et le circuit est rempli d'un mélange d'eau et d'Antifrogen® N à 44 %.

Avec le même débit volumique, l'installation affiche une puissance de :

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T = \frac{10,03 \cdot 1.069 \cdot 3,39 \cdot 5}{3.600} = 50,5 \text{ kW}$$

En raison de la capacité thermique spécifique plus basse, l'installation n'affiche plus qu'une puissance de 50,5 kW au lieu de 56 kW, soit une diminution de près de 10 %.

Les chutes de pression dans les éléments du circuit changent approximativement selon la relation :

$$\Delta \rho_2 = \Delta \rho \cdot \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right) = 10 \text{ mWS} \cdot \left(\frac{1.069}{1.031} \right)^2 = 10,75 \text{ mWS}$$

Même si la pompe peut encore compenser cette perte de charge, la puissance à l'arbre P augmente :

$$P = \frac{10,03 \cdot 1.069 \cdot 9,81 \cdot 10,75}{0,6 \cdot 3.600} = 523 \text{ W}$$

Ceci correspond à une consommation supplémentaire de plus de 11,5 %.

À l'inverse, une pompe fournissant les 56 kW nécessaires aurait eu besoin d'un débit volumique de $11 \text{ m}^3/\text{h}$ et d'une puissance à l'arbre de 581 W. Ceci correspond à une consommation d'énergie supplémentaire de 24 %. Il convient ici de noter que les coefficients de transfert thermique moins bons et la viscosité plus élevée auraient également nécessité des échangeurs de chaleur plus grands.

Le principe suivant devrait donc s'appliquer :

Autant que nécessaire et aussi peu que possible !

Mise en service de nouveaux systèmes.

De quoi faut-il tenir compte ?

Avant la mise en service de nouveaux systèmes, il est impératif de déterminer les besoins en Antifrogen®. Pour cela, deux données sont nécessaires :

1. La résistance au gel nécessaire et donc le pourcentage d'Antifrogen® nécessaire. Cela dépend des conditions climatiques et des conditions de montage sur site ainsi que des températures minimales nécessaires de l'application.
2. Le volume de l'installation, à déterminer soit par le calcul soit par « jaugeage ». Il faut soit additionner les volumes individuels des tuyauteries, groupes et échangeurs de chaleur, soit remplir l'installation d'eau afin de définir la quantité nécessaire.

Les conditionnements étant donnés en kilogrammes, le nombre de litres ainsi déterminé est converti en kilogrammes de produit pur ou prêt à l'emploi.

Si l'on commande un mélange prêt à l'emploi, il convient de tenir compte du fait que les coûts de transport augmentent du fait des teneurs en eau non négligeables.

Un exemple :

La protection contre le gel nécessaire est fixée à -20 °C, le volume de l'installation est de 5 000 litres et l'on décide d'ajouter de l'Antifrogen® N.

Le diagramme montre qu'à -20 °C la concentration en Antifrogen® N doit être de 34 % en volume (soit 36,81 % en poids) et que la densité du mélange est de 1,053 kg/litre. On calcule tout d'abord la masse totale du mélange,

$$5\,000 \text{ litres} \cdot 1,047 = \frac{\text{kg}}{\text{litres}} = 5\,235 \text{ kg}$$

puis on détermine la proportion d'Antifrogen® N à l'aide du pourcentage en poids.

$$5,235 \text{ kg} \cdot 0,3650 = 1,911 \text{ kg}$$

Avant le premier remplissage, il convient également de vérifier le bon état des systèmes existants. Les éléments fortement corrodés ne doivent pas être utilisés. Les épreuves de pression et les essais d'étanchéité peuvent être réalisés avec de l'eau pure ou avec un mélange Antifrogen®/eau.

Si l'Antifrogen® est fourni sous forme de mélange prêt à l'emploi, le système pourra être utilisé immédiatement après le remplissage. En cas de livraison sous forme de concentré, il est recommandé de préparer le mélange avant de procéder au remplissage. Si cela n'est pas possible ou si cela représente une dépense disproportionnée, dans le cas d'une installation dotée d'une pompe de circulation, on pourra remplir environ les deux tiers de la quantité d'eau nécessaire, suivie du concentré d'Antifrogen® et enfin du reste d'eau. Il faut cependant tenir compte du fait que la durée d'obtention du mélange complet à l'intérieur du circuit dépend de la vitesse d'écoulement et de la conception de l'installation et peut le cas échéant atteindre plusieurs jours. Une utilisation immédiate à des températures inférieures à 0 °C est à proscrire.

Si l'on utilise de l'eau du robinet au lieu d'une eau distillée pour diluer l'Antifrogen® N ou L, le TH doit être compris entre 0 et 45 °f et la teneur en chlorures ne doit pas dépasser 100 mg/kg (ppm). L'Antifrogen® KF ne peut être mélangé qu'avec de l'eau entièrement déminéralisée.



Testeur de protection contre le gel pour fluide caloporteur Antifrogen® N.

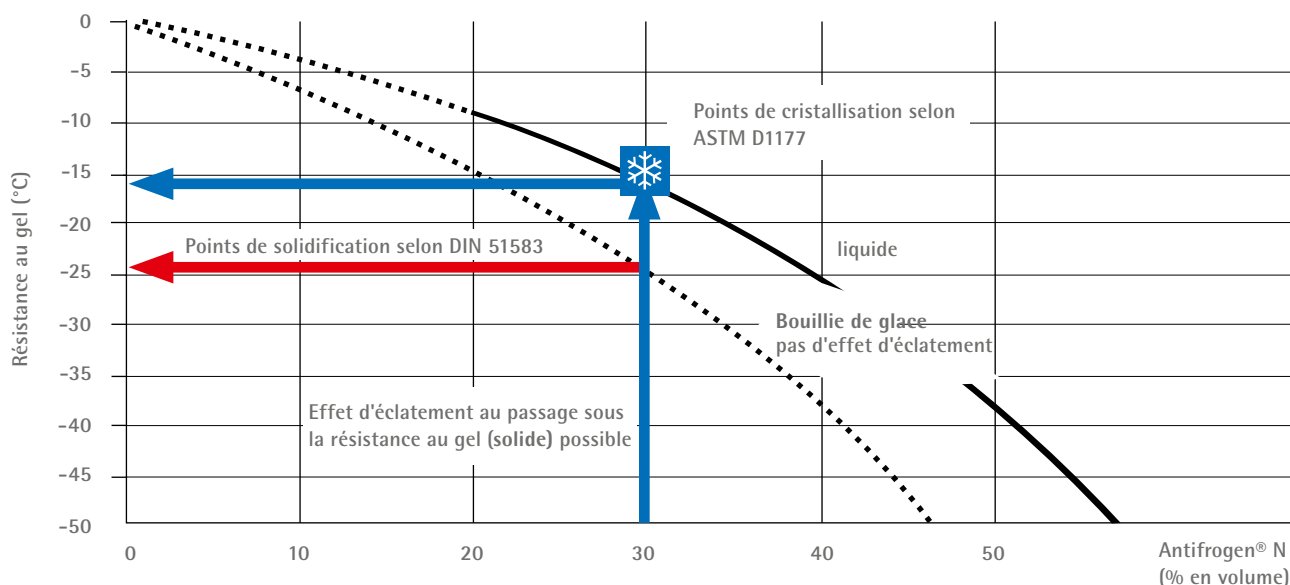
Explication à l'aide d'un exemple

Il apparaît clairement sur le diagramme que dans un mélange Antifrogen® N/eau à 30 % les premiers cristaux de glace se forment au point de cristallisation d'environ -16 °C. Cependant, ce mélange liquide-cristaux reste pompable. Selon la qualité de la pompe, cette propriété est théoriquement conservée jusqu'au point de solidification à -24 °C. La densité d'Antifrogen® pur est supérieure à celle de l'eau. Néanmoins, l'eau qui est plus légère ne se décante pas au-dessus de l'Antifrogen® qui est plus lourd, même si l'installation est inutilisée pendant une longue période.

Après avoir été préparés de façon homogène, les mélanges Antifrogen®/eau ne se séparent plus. Si le mélange est calé sur une certaine résistance au gel, il ne se forme plus de glace au-dessus de cette température. Si la température chute au-dessous du point de cristallisation, il se forme ce que l'on appelle une « bouillie de glace ». Cependant, cette bouillie ne risque pas d'entraîner un éclatement. Les mélanges Antifrogen®/eau peuvent donc être utilisés pendant de nombreuses années.

Point de cristallisation – point (température) auquel une substance forme des cristaux.

Point de solidification – point (température) auquel une substance auparavant liquide se solidifie.



Résistance au gel des mélanges Antifrogen® N/eau.

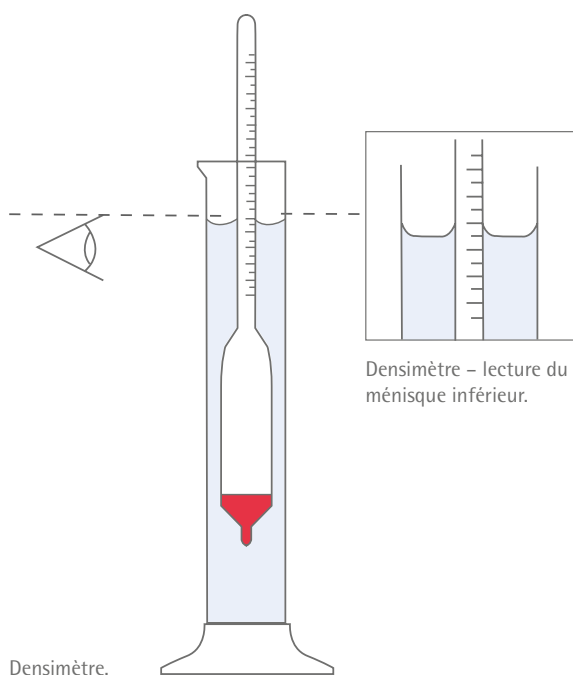
Conseils pratiques pour déterminer la concentration d'Antifrogen®.

Contrôle périodique de la concentration d'Antifrogen®

La concentration d'Antifrogen® devra être régulièrement contrôlée. La périodicité de ces contrôles dépend de la structure de chaque installation. Les systèmes ouverts – c'est-à-dire les systèmes dans lesquels l'air atmosphérique peut entrer en contact avec le mélange – doivent être vérifiés à intervalles plus rapprochés que les systèmes fermés. Le fabricant Clariant recommande d'effectuer ce contrôle au moins une fois par an.

La concentration du mélange en présence peut être déterminée avec des densimètres spéciaux.

Une méthode d'essai consiste à déterminer la densité à l'aide d'un densimètre. Une tige de pesée lestée de billes de plomb est « vissée » dans le liquide afin d'éviter l'adhérence à la paroi du corps de verre. La concentration d'Antifrogen® dans l'eau peut être déterminée à l'aide d'un tableau ou d'un abaque en utilisant la densité lue sur la graduation.



Afin d'assurer une précision du relevé de densité de 0,001 g/cm³, il est nécessaire de porter le liquide à la température de référence (généralement 20 °C) et de lire la graduation au « ménisque » inférieur, c'est-à-dire au point bas du liquide.

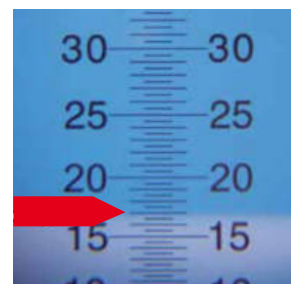
Une autre méthode d'essai consiste à utiliser ce que l'on appelle un réfractomètre. Avec cet appareil, l'indice de réfraction inconnu du milieu est mesuré par la différence de déviation de la lumière. Pour ce faire, on dépose sur la surface du prisme une ou deux gouttes du mélange Antifrogen®/eau à mesurer puis on rabat le volet transparent dessus en exerçant une pression. En exposant l'extrémité biseautée de l'appareil à la lumière, on peut observer une ligne de démarcation nette et lire la valeur mesurée en % Brix.



Le réfractomètre : prélèvement d'échantillons simple avec une pipette, détermination rapide du point de congélation.



Réfractomètre.



Valeur mesurée : 17 % Brix.

La valeur de 17 % Brix relevée dans l'exemple correspond d'après le tableau à une fraction volumique de 24 % d'Antifrogen® N dans l'eau, soit une protection antigel assurée d'environ -12 °C.

Antifrogen® N		
% Brix	Proportion % v/v	point de congélation en °C
Sous-concentration		
14	20	-9
15	21	-10
16	23	-11
17	24	-12
18	26	-13
19	27	-14
20	29	-15
21	30	-16
22	32	-17
23	34	-19
24	35	-20
25	37	-22
26	39	-24
27	40	-25
28	42	-27
29	44	-29
30	45	-31
31	47	-34
32	49	-36
33	51	-38
34	53	-41
35	54	-44
36	56	-47
37	58	-50
38	60	-53

Restauration de la résistance au gel nécessaire sans remplacement complet du fluide

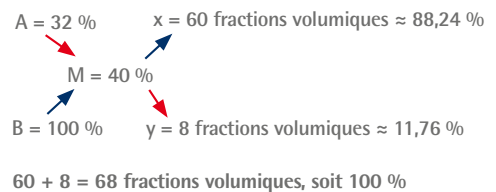
En cas de résultat non conforme aux attentes lors d'un contrôle de la résistance au gel, la correction nécessaire peut être calculée à l'aide de la « croix des mélanges » :

Exemple : Le volume d'un système avec un mélange Antifrogen® N/eau doit être de 4 000 litres. La résistance au gel nécessaire est de -25 °C. Après un contrôle de routine cependant, on constate une résistance au gel de -17 °C seulement.

1ère étape :

La résistance au gel mesurée est déduite de la courbe de protection contre le gel d'Antifrogen® N à la concentration volumique correspondante en % de volume. À -17 °C, on obtient 32 %. Cette valeur est placée au point A de la croix des mélanges :

2ème étape :



3ème étape :

Le mélange étant sous-concentré, on choisit le concentré, c'est-à-dire 100 % d'Antifrogen® N, comme valeur pour le point B. En cas de surconcentration, il est impératif de faire un appoint en eau. On note alors 0 % au point B.

4ème étape :

La concentration souhaitée est placée au point M, au centre de la croix. Pour une température de -25 °C, on peut relever 40 % sur la courbe de protection contre le gel.

5e étape :

Les différences entre M – A et B – M se traduisent par x fractions volumiques de la solution A et y fractions volumiques de la solution B.

On en déduit que 8 fractions volumiques (soit 11,76 %) de concentré sont nécessaires. En cas de sous-concentration, ces fractions doivent au préalable être soutirées du système. 11,76 % de 4 000 litres représentent 470,4 litres.

Ces 470,4 litres sont soutirés de l'installation et remplacés par la même quantité de concentré d'Antifrogen® N.

Brève explication des interactions chimiques.

Les composants d'Antifrogen®

Le composant principal des produits Antifrogen® N et L est le glycol, pour 90 à 95 %. Pour Antifrogen® N, il s'agit de monoéthylène-glycol. Pour Antifrogen® L, il s'agit de propane-diol, également appelé monopropylène-glycol. Les autres additifs sont des agents antimousse, des stabilisateurs d'eau dure, etc., et le package d'inhibiteurs. Ce dernier a pour fonction principale de faire perdre aux glycols utilisés leur agressivité vis-à-vis des métaux.

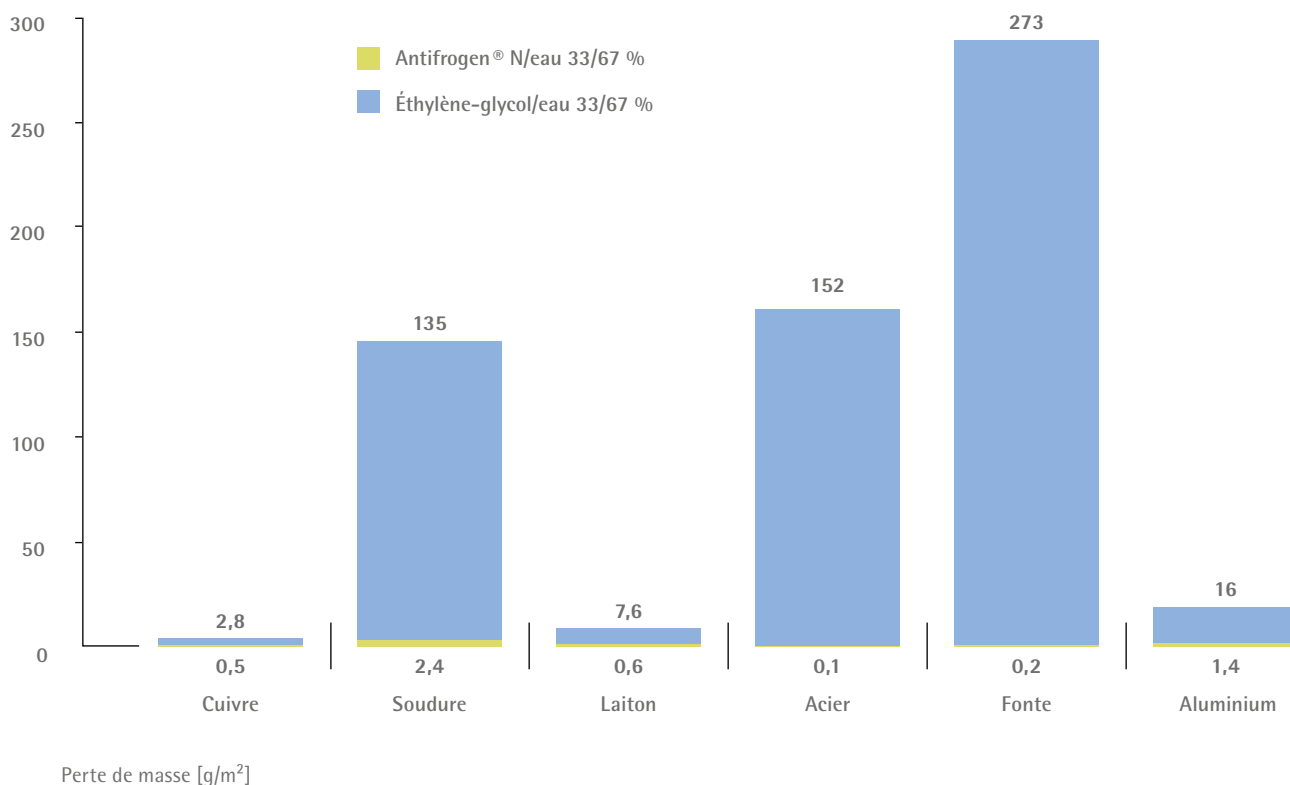
L'érosion des matériaux représentée sur le diagramme est issue de recherches réalisées dans le laboratoire de la société Clariant selon une méthode normalisée, le test dit ASTM-D-1384. Le diagramme montre que seuls les additifs chimiques répondent aux exigences techniques de haute qualité imposées à un bon fluide caloporteur. Même l'eau du robinet pure est nettement plus agressive vis-à-vis de certains métaux qu'Antifrogen®. Avec un mélange éthylène-glycol/eau classique, c'est la fonte

grise, matériau essentiellement utilisé dans la construction des pompes, qui est particulièrement menacée.

Compatibilité du matériau utilisé avec Antifrogen®

Fondamentalement, on peut partir du principe qu'Antifrogen® affiche une bonne compatibilité avec tous les matériaux couramment utilisés dans la technologie des pompes et des installations. Les élastomères de polyuréthane, le PVC souple et les résines phénol-formaldéhyde ne sont pas résistants. Les tuyauteries ou appareillages zingués ne doivent pas non plus être utilisés. Cela entraînerait une diminution de la qualité.

Si des plastiques spéciaux doivent être utilisés ou s'il règne des conditions d'exploitation extrêmement difficiles, la compatibilité des matériaux avec Antifrogen® peut être testée. Un service approprié est proposé par la société Clariant.



Ce que vous ne trouverez que chez nous.

Une protection intégrale des circuits de chauffage et de refroidissement

L'eau est un excellent vecteur de chaleur et de froid. Cependant, il est important de se prémunir contre ses propriétés négatives par un ajout d'Antifrogen®.

Les produits de la gamme Antifrogen® apportent une protection parfaite contre le gel et d'excellentes propriétés anticorrosion pour chaque application.

Périodes hors gel : fluides caloporteurs Antifrogen®

Contrairement aux solutions conventionnelles, les fluides caloporteurs Antifrogen® sont enrichis d'inhibiteurs de corrosion. Ils sont donc tout indiqués pour une utilisation comme agents antigel et anticorrosion dans les installations de réfrigération et de climatisation ainsi que dans les pompes à chaleur. Pour les installations solaires, nous proposons en outre la version Antifrogen® SOL^{HT}.

Antifrogen® ne s'utilise jamais comme concentré mais exclusivement en mélange avec de l'eau. Le rapport de mélange dépend des températures attendues et de l'utilisation prévue. Le principe suivant s'applique : autant que nécessaire et aussi peu que possible. Chez

nous, vous trouverez différentes concentrations en mélange prêt à l'emploi. Nous nous ferons un plaisir de vous fournir également d'autres mélanges sur demande.

Le mélange est-il toujours bon ?

Il convient de contrôler périodiquement – tous les ans ou tous les deux ans environ – le mélange Antifrogen®/eau. C'est très simple, pour vous : Faites-nous simplement parvenir un échantillon de 250 ml. Vous recevrez un compte-rendu d'analyse détaillé avec une recommandation sur la possibilité de continuer à utiliser le mélange testé.

Demandez-nous conseil !

Vous avez d'autres questions sur l'utilisation d'Antifrogen® ou sur d'autres produits et leurs domaines d'application ? N'hésitez pas à nous interroger. Nos experts en fluides frigorigènes se feront un plaisir de vous conseiller !



Pour en savoir plus, visitez le site westfalen.com





Westfalen

Gaz | Energies | Stations-services

Westfalen Austria GmbH

Betriebsstraße 6
2440 Gramatneusiedl
Autriche
Tél. +43 22.34.73.44.1
Fax +43 22.34.73.44.13.30
www.westfalen.at
info@westfalen.at

Westfalen France S.A.R.L.

Parc d'Activités Belle Fontaine
57780 Rosselange
France
Tél. +33 3.87.50.10.40
Fax +33 3.87.50.10.41
www.westfalen-france.fr
info@westfalen-france.com

Westfalen Gas Schweiz GmbH

Sisslerstr. 11
5074 Eiken AG
Suisse
Tél. +41 61 855 25 25
Fax +41 61 855 25 26
www.westfalen.ch
info@westfalen.ch

Westfalen Gassen Nederland BV

Rigastraat 20
7418 EW Deventer
Pays-Bas
Tél. +31 5.70.63.67.45
Fax +31 5.70.63.00.88
www.westfalengassen.nl
info@westfalengassen.nl

Westfalen Medical GmbH

Industriestraße 26
57555 Brachbach
Allemagne
Tél. +49 27.45.93.15.90
Fax +49 25.16.95.73.03.26
www.westfalenmedical.de
info@westfalenmedical.de

Westfalen Medical BV

Rigastraat 14
7418 EW Deventer
Pays-Bas
Tél. +31 5.70.85.84.50
Fax +31 5.70.85.84.51
www.westfalenmedical.nl
info@westfalenmedical.nl

Westfalen AG

Industrieweg 43
48155 Münster
Allemagne
Tél. +49 251 695-0
Fax +49 251 695-194
www.westfalen.com
info@westfalen.com

Westfalen BV-SRL

Watermolenstraat 11
9320 Alost
Belgique
Tél. +32 53.64.10.70
Fax +32 53.67.39.07
www.westfalen.be
info@westfalen.be