

# SAVOIR-FAIRE

Caractéristiques de qualité des matériaux d'isolation technique :

**Les coûts pour toute la durée de vie du service sont essentiels**





# PRENDRE DES DÉCISIONS D'INVESTISSEMENT JUDICIEUSES

**Quand on spécifie l'équipement d'isolation, les performances techniques et la fiabilité de l'installation doivent toujours être considérés comme des facteurs décisifs. En tenant compte uniquement du prix, celui se référant à la construction comme celui des opérateurs peuvent être élevés. Si des matériaux de construction inadéquats sont spécifiés et utilisés, les coûts liés à la maintenance, aux réparations et aux frais supplémentaires, tels que les pertes de production ou les retards de construction dus aux temps d'arrêt de l'installation peuvent souvent excéder de beaucoup les gains supposés réalisables à très long terme.**

L'isolation est un élément crucial de la fiabilité opérationnelle de l'équipement domestique et industriel : elle augmente l'efficacité énergétique, favorise la protection contre la corrosion, réduit les émissions de bruits et permet de maintenir le bon fonctionnement des processus industriels. Les matériaux isolants élastomères assurent de meilleures performances, une durée de vie plus longue et l'efficacité de l'équipement dans le domaine du bâtiment comme de l'industrie. Et pourtant, les montants liés à l'isolation n'occupent qu'une part réduite des coûts de l'installation totale de l'équipement technique - souvent seulement 1%. Si l'on fait des économies inappropriées, on risque de payer beaucoup plus à long terme.

## La performance technique est décisive

Comme nous l'avons vu dans cette série d'articles, la conductivité thermique (valeur  $\lambda$ ) d'un matériau est une caractéristique technique clé quand on choisit un système d'isolation, mais elle n'est pas la seule. La condensation à la surface du tuyau et une conductivité thermique croissante au long de la durée de vie du service ne peuvent être évitées que si le matériau est protégé de l'absorption d'humidité. D'un côté, l'humidité est causée par la condensation à la surface des tuyaux dont la température en ligne inférieure à la température ambiante. D'un autre côté, la vapeur d'eau peut se diffuser dans l'isolation, en raison de la différence de pression de vapeur, et imprégner le matériau. La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau, (valeur  $\mu$ ), indique combien de fois la résistance à la transmission d'une couche de matériau de construction est supérieure par rapport à celle d'une couche d'air statique de même épaisseur et de même température.

## La pénétration d'humidité doit être évitée

La conductivité thermique de l'eau est bien supérieure à celle des matériaux d'isolation typiques.

Par conséquent, l'absorption d'humidité conduit toujours à l'augmentation de la conductivité thermique du matériau d'isolation et à la réduction de ses capacités isolantes. La conductivité thermique augmente à chaque vol.-% de contenu d'humidité et l'effet isolant se détériore. Les conséquences ne se traduisent pas seulement par des pertes d'énergies plus importantes, mais également par une baisse de la température de surface. La condensation se produit en cas de chute en-dessous de la température du point de rosée sur la surface du tuyau. La seule manière de garantir que la température de surface restera supérieure au point de rosée, même après de nombreuses années utiles, est d'assurer que la conductivité thermique du matériau d'isolation, engendrée par la pénétration d'humidité, n'augmente pas considérablement. L'aspect le plus insidieux de la propagation d'humidité est le fait que le processus est invisible. La condensation a lieu sous l'isolation, sur la surface du tuyau. Souvent, elle ne devient apparente que lorsque le matériau isolant fait défaut et que des gouttes d'eau se forment sur le faux-plafond ou que de la glace se forme sur le tuyau.

Le prix du produit n'est que la pointe visible de l'iceberg. Les coûts liés à la maintenance, à la réparation et aux dommages de la construction se cachent sous la surface et ne sont souvent pas pris en compte lors des décisions d'investissement.



# CONDENSATION – L'ÉNEMI JURÉ DE L'ISOLATION

C'est pourquoi, lorsque l'on choisit un matériau d'isolation, la question clé est de savoir s'il est bien protégé contre l'absorption d'humidité. Comme le démontre une enquête menée par l'institut de physique du bâtiment Fraunhofer (Stuttgart, Allemagne), les matériaux d'isolation Armaflex présentent une excellente protection contre l'absorption d'humidité. Même au cours de la période, relativement courte, de l'essai, de considérables quantités d'humidité s'étaient accumulées sous l'isolation constituée de PUR ainsi qu'avec celle à base de laine de roche. En dépit des conditions de test modérées, la barrière de vapeur de la PUR et de la laine de roche n'a pas empêché l'absorption de vapeur d'eau. Par contre, aucune trace d'humidité n'a été constatée dans le matériau d'isolation élastomère et la surface du tuyau est restée sèche. Alors que le tuyau isolé avec la FEF ne montre aucun signe de condensation, même après 33 jours, l'isolation en fibre minérale échoue dès le début du test.

## Conséquences de la pénétration d'humidité à long terme

Pour étudier les effets de l'absorption d'humidité à long terme, l'Institut Fraunhofer a simulé le comportement des matériaux d'isolation sur une période hypothétique de dix ans. Alors que la conductivité thermique de la FEF n'a augmenté que de 15 % environ en dix ans, la valeur  $\lambda$  de la laine de roche a augmenté de 77 % et celle de l'isolation en PUR de 150 %.

La condensation à la surface du tuyau et une conductivité thermique croissante au long de la durée de vie du service ne peuvent être évitées que si le matériau est protégé de l'absorption d'humidité. La conductivité thermique établie par les constructeurs doit être entendue comme étant la conductivité thermique initiale, ou valeur  $\lambda$  à sec. Pour le choix du matériau, il est important d'associer cette valeur à la diffusion de vapeur d'eau. En d'autres mots : un matériau d'isolation avec une valeur  $\lambda$  excellente mais une résistance faible à la diffusion de vapeur d'eau est un choix peu efficace.

Si le matériau d'isolation est complètement trempé, l'augmentation de la consommation d'énergie est souvent le dernier des problèmes. Le développement de moisissure, les dommages structurels, la corrosion sous isolation ou la perturbation des processus industriels en raison de travaux de maintenance et des temps d'arrêt, peuvent entraîner d'énormes coûts.



### Plus d'informations

Tous les détails sur notre campagne à [www.armacell.ch](http://www.armacell.ch)





# CORROSION SOUS ISOLATION – LE PROBLÈME QUI COUTENT DES MILLIARDS

Le développement du processus de corrosion sous l'isolation est insidieux : il reste caché sous l'isolant et n'est souvent découvert que lorsque des dégâts importants se sont déjà propagés. La corrosion se produit généralement sur des tuyaux où la température de la ligne se situe entre 0 °C et 175 °C, les températures supérieures à 50 °C sont particulièrement dangereuses. Le risque augmente également pour les équipements utilisés de manière discontinue ou à deux températures. Si les températures fluctuent, de la condensation peut se former dans le matériau isolant et atteindre la surface des tuyaux. Rien que dans les industries pétrolières, pétrochimiques et gazière, la perte conséquente est de l'ordre d'un milliard de dollars annuellement. D'après une étude effectuée par la société américaine Chimique ExxonMobile, 40 à 60 % des coûts de maintenance des tuyauteries sont dus à la corrosion sous l'isolation.

L'isolation n'est pas en mesure, à elle seule, de protéger les composants des installations contre la corrosion, mais elle permet de réaliser des systèmes qui aident efficacement à la protection contre la corrosion. Le choix des matériaux est déterminant pour minimiser les risques de corrosion ou favoriser ses processus.

## Degrés de protection contre la corrosion

Jusqu'à quel point les divers systèmes d'isolation sont-ils en mesure de mitiger

le risque de corrosion ? C'est la question à laquelle Armacell a essayé de répondre à travers une enquête approfondie. Le test a été effectué par InnCoa, un organisme situé à Neustadt/Donau (Allemagne), spécialisé dans les tests sur la corrosion.

Les deux systèmes d'isolation FEF ont eu les meilleurs résultats de test : La mousse élastomère avec adhésion totale (système B) a même obtenu l'évaluation maximale,  $R_p$  10. Aucun signe de corrosion n'a été trouvé sur aucune partie de la surface du tuyau. L'adhésion totale du matériau isolant a augmenté le degré de protection déjà élevé de FEF. Le système d'isolation à fibre de verre, d'autre part, n'a eu qu'une évaluation de  $R_p$  de 4 à 5 et le système avec polyuréthane a eu une  $R_p$  de 5. Les dégâts de corrosion les plus importants ont été observés sur les spécimens avec laine de roche. La zone de la surface présentant des défauts était entre 5 et 10% de la surface totale du tuyau, ce qui s'est traduit par un résultat  $R_p$  de 3.

Le test a démontré de façon éclatante que les mousses élastomères flexibles à cellules fermées présentant une « barrière vapeur intégrée » tolèrent plus de défauts du revêtement et de l'isolant que les autres systèmes d'isolation. Si l'humidité pénètre dans les autres systèmes d'isolation et atteint la surface du tuyau, la corrosion peut se développer.

| Degrés de protection contre la corrosion des divers systèmes d'isolation* |       |                |     |                |
|---|-------|----------------|-----|----------------|
| FEF   | FEF** | Fibre de verre | PUR | Laine de roche |
| 8   | 10    | 5 - 4          | 5   | 3              |
|   |       |                |     |                |

\* Degrés de protection contre la corrosion ( $R_p$ ) selon la norme ISO 10289 (10 = pas de corrosion)      \*\*Adhésion totale des deux couches de FEF



### Plus d'informations

Tous les détails sur notre campagne à [www.armacell.eu](http://www.armacell.eu)







## FIABILITÉ DE L'INSTALLATION

Les résultats des enquêtes menées par des organismes externes indépendants confirment les excellentes performances des matériaux isolants FEF dans le monde entier depuis des décennies. Le matériau à cellule fermée à faible conductivité thermique et résistance élevée à la diffusion de vapeur d'eau permet d'obtenir des composants d'installation offrant une protection à long terme contre la condensation et les pertes d'énergie, et il minimise le risque de corrosion. Comme il a été souvent constaté au cours des interventions de maintenance, les équipements isolés avec Armaflex ne présentent aucun signe de corrosion même plusieurs années après leur installation. Les tests internes et externes ont démontré que même 25 ans après sont installation, Armaflex conserve les valeurs garanties au moment de la fabrication. Pour garantir un système d'isolation fiable pour de nombreuses années, il ne faut pas uniquement calculer correctement l'épaisseur de l'isolation et utiliser des accessoires compatibles avec le système, mais également

s'assurer que les matériaux sont installés de manière professionnelle en respectant les instructions du fabricant.

### Une approche professionnelle est fondamentale

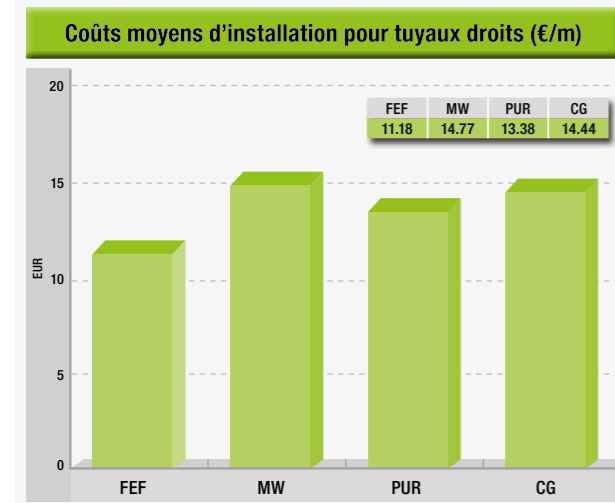
Les performances techniques d'un matériau isolant jouent un rôle décisif quand on choisit un produit. Mais la fonctionnalité à long terme de cet équipement n'est réelle que si les matériaux sont installés de manière fiable, même en présence de conditions difficiles, sur le site de construction. Pour comprendre combien il peut être facile d'installer des matériaux d'isolation, Armacell a effectué des tests pratiques avec quatre systèmes classiques d'isolation pour des applications froides. Les matériaux examinés étaient un système avec matériau isolant élastomère (FEF), un avec du verre cellulaire (CG), un autre avec de la PUR et enfin un système calfeutré à l'aluminium et à la laine de roche pour isoler du froid (MW).

FEF et verre cellulaire sont des matériaux d'isolation à cellule fermée présentant une résistance très élevée à la diffusion de la vapeur d'eau. Contrairement à la laine de roche et à la PUR, aucun produit n'exige une barrière supplémentaire contre la vapeur, ce qui est toujours le point faible d'un projet d'isolation. Pour chacun d'entre eux, pendant l'installation comme au cours d'interventions de maintenance ultérieures, la délicate feuille d'aluminium peut facilement être abîmée, faisant pénétrer la vapeur d'eau dans le système d'isolation. Alors que les gouttes se voient facilement sur une feuille d'aluminium lisse recouvrant un produit en PUR, elles sont peu visibles sur une feuille d'aluminium froissée recouvrant la laine de roche. Comme le montre la vidéo d'un fabricant bien connu, même l'isolateur professionnel, spécifiquement formé, et malgré toutes les précautions qu'il emploie, détériore la délicate barrière contre la vapeur sans s'en rendre compte pendant la réalisation d'un composant.

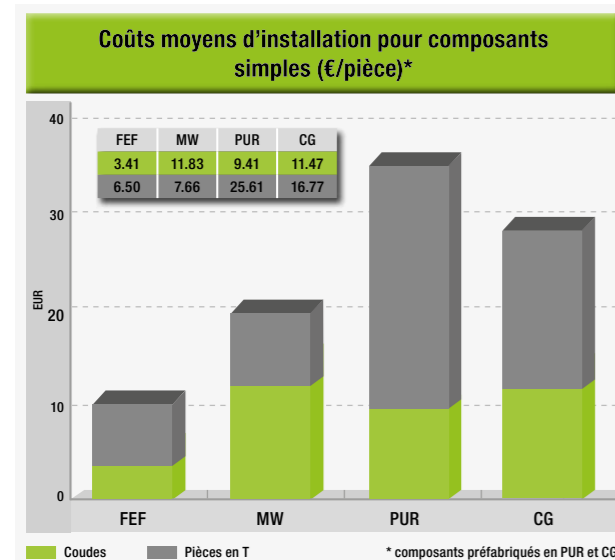


Dans certains pays européens, l'utilisation de laine minérale dans les applications froides est sévèrement limitée. En Allemagne, le DIN 4140 stipule qu'elle n'est permise que si une double enveloppe est installée. En Belgique, conformément à Typebestek/105, la laine de roche ne peut être employée qu'avec des tuyaux ayant une température minimale de 13°C. En utilisant des matériaux d'isolation à cellules ouvertes pour les applications froides, les rédacteurs de devis et les installateurs prennent un risque inestimable, qui peut leur coûter cher. Les fabricants de produits en fibre minérale communiquent que leurs matériaux d'isolation peuvent être également utilisés pour les applications froides. Même si ces systèmes sont explicitement vendus comme matériaux d'isolation pour le froid, ce sont des produits à base de fibre minérale à cellules ouvertes avec une feuille en aluminium.

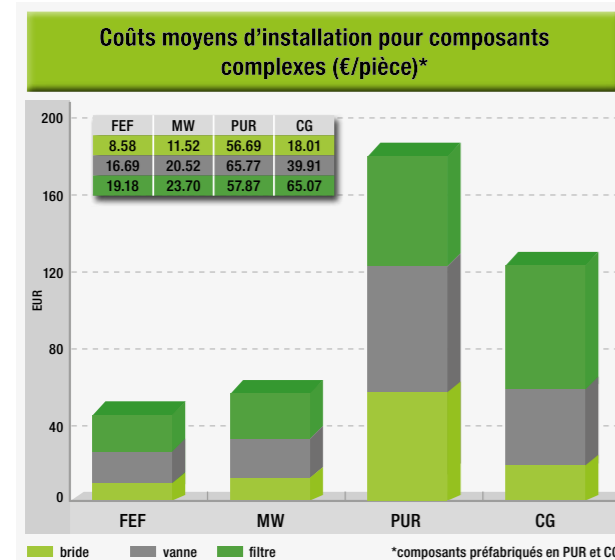
# TOTAL INSTALLED COSTS



Le temps d'application est un facteur décisif pour les coûts totaux d'installation d'un projet. Armacell a évalué la vitesse d'installation des divers matériaux d'isolation technique avec des tests d'application. Au total, chaque matériau a été installé dans 20 situations différentes et un temps moyen d'installation a été calculé. Les figures de gauche indiquent les coûts moyens (coûts des matériaux et d'installation) relatifs aux différents matériaux isolants. Comme le prix du matériau et la consommation sont comparativement élevés pour les sections de tuyau en laine minérale et les bandes d'aluminium, les systèmes à laine de roche sont les plus coûteux pour les tuyaux droits.



Les différences sont encore plus évidentes lors de la fabrication de composants simples : les coûts relatifs à la laine de roche sont presque du double par rapport au matériau élastomère. Si l'on emploie des coudes et des pièces en T en PUR préfabriqués les coûts doublent encore ! La situation est pratiquement la même pour les composants complexes. Là aussi, les coûts sont multipliés si on utilise du verre cellulaire et de la PUR. Comparés aux composants FEF réalisés par l'isolateur, les composants préfabriqués en verre cellulaire sont presque trois fois plus chers et ceux en PUR quatre fois.



## Étude de cas : Comparaison des coûts pour les travaux d'isolation

Pour montrer l'impact que ces différences de coût ont sur un projet de construction réel, Armacell est allé plus loin et a mené une étude de cas sur la base de ces calculs. Le point de départ est la participation classique à une adjudication pour un travail d'isolation du froid. Ce projet est une extension des établissements de production chimique situés dans le Baden-Württemberg (Allemagne) appartenant à une société américaine. Un montant de 30 millions de dollars US a été investi dans la nouvelle construction, qui comprend une unité de production supplémentaire, un entrepôt, un laboratoire et des bureaux sur une surface totale de 11,500 m<sup>2</sup>.

L'adjudication d'un travail d'isolation du froid comportait l'isolation de 1241 m de tuyaux droits (DN 15 - DN 200) et 1223 composants. Les divers diamètres et hauteurs d'installation des tuyaux ont été pris en considération dans le calcul et dans les résultats des tests évoqués plus haut. En fonction de leur complexité, les composants à isoler (par ex. vannes, clapets à bille, échangeurs de chaleur... etc.) ont été introduits dans le test. Outre les coûts des matériaux, on a tenu compte des heures de travail qui ont été évaluées à € 60 horaires. Tous les éléments et accessoires nécessaires ont été calculés séparément pour chaque matériau isolant.

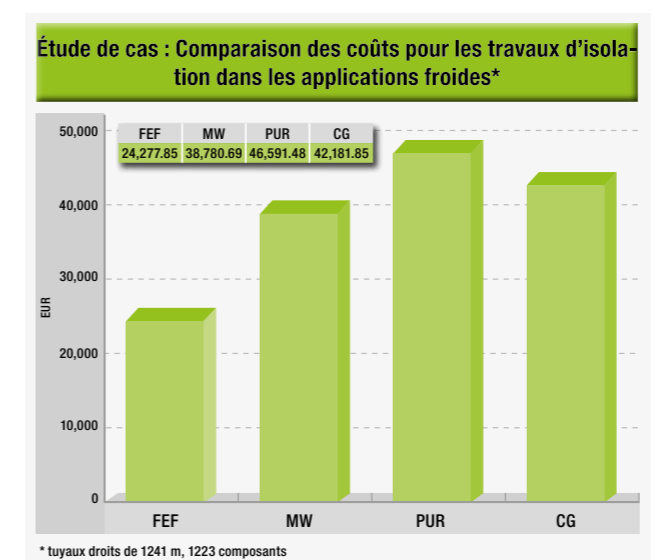
Comme le montre la figure ci-dessous, l'emploi de matériaux isolants FEF permet d'importantes réductions des coûts : la réalisation du projet avec un système de laine de roche pour application froides aurait été au moins 60 % plus coûteux. Avec du verre cellulaire, les coûts auraient été de 70% plus chers. Le système avec de la PUR aurait pratiquement doublé les coûts, par rapport au matériau isolant élastomère.

## Étude des coûts pendant toute la durée de vie

Quand il s'agit d'isolation technique, si l'on se limite au matériau isolant le moins cher, on est perdant, au bout du compte. Les coûts totaux d'installation, par ex. les prix du matériau et de la main d'œuvre, doivent toujours être comparés. De nombreuses décisions sur l'investissement sont prises en tenant compte uniquement du prix d'achat. Cependant, les coûts de fonctionnement équivalent souvent à de

nombreuses fois les coûts d'investissement. Ils sont difficiles à calculer, souvent négligés ou sous-estimés. L'approche du coût total de possession (TCO) tient compte de tous les coûts associés à la fourniture et à l'utilisation des biens. Il ne prend pas seulement en compte le prix d'achat mais tous les coûts sont estimés par avance. Ceci permet aux frais indirects d'être identifiés avant que la décision sur l'investissement ne soit prise. Dans le cas des matériaux d'isolation technique, il inclut non seulement les frais d'investissement mais également les coûts de maintenance, réparation, remplacement et tous les frais dérivant des temps d'arrêt de l'installation ou de dégâts au bâtiment.

Un fait qui n'est généralement pas pris en compte quand on planifie un équipement est que bien que tous les matériaux isolants représentent des coûts importants, ils permettent de considérables économies tout au long de leur durée de vie. Si l'objectif est de satisfaire les exigences minimales et de contenir le prix d'achat aussi bas que possible, l'énorme potentiel d'économies que représente l'isolation technique pendant des décennies de fonctionnement n'est pas complètement prise en compte. Des niveaux d'isolation plus élevés - par ex. épaisseur d'isolant excédant celle nécessaire pour prévenir la condensation - exigent des coûts d'investissement légèrement plus élevés, mais ils sont souvent largement compensés durant leur durée de vie et permettent des économies des coûts financiers considérables même seulement après quelques années de fonctionnement.



**AUTEUR**  
**Georgios Eleftheriadis**  
 Armacell Manager  
 Technical Marketing EMEA



## À PROPOS D'ARMACELL

---

En tant qu'inventeurs de la mousse flexible pour l'isolation de l'équipement et fournisseur de mousses ingénierisées, Armacell développe des solutions thermiques, acoustiques et mécaniques innovantes et sûres qui créent de la valeur de manière durable pour ses clients. Les produits Armacell contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique globale en faisant la différence chaque jour dans le monde entier. Comptant 3000 employés et 27 usines de production dans 17 pays, la société exerce deux activités principales, l'isolation avancée et les mousses ingénierisées. Armacell se concentre sur les matériaux d'isolation destinés à l'équipement technique, les mousses à hautes performances pour les applications légères et à haute technologie et la technologie de couverture en aérogel de nouvelle génération. Pour plus d'informations, veuillez visiter : [www.armacell.com](http://www.armacell.com). Pour plus d'informations sur les produits, veuillez visiter : [www.armacell.eu](http://www.armacell.eu).