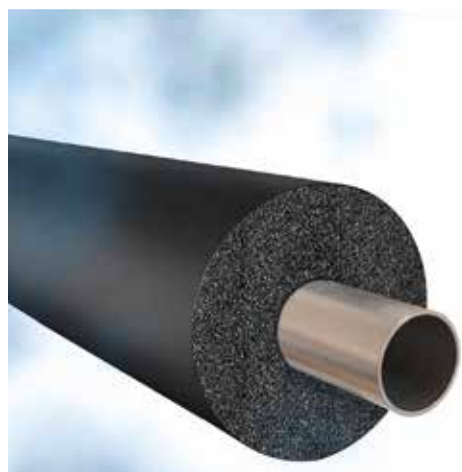


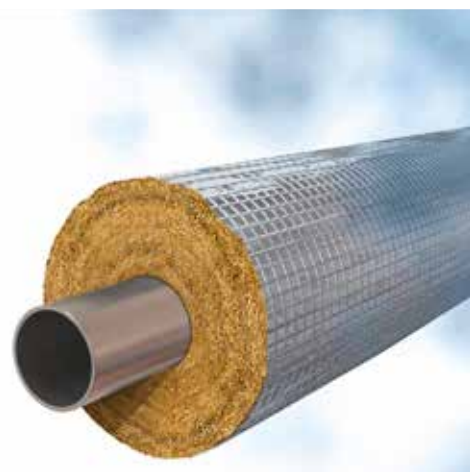
# SAVOIR-FAIRE

Caractéristiques de qualité des matériaux d'isolation technique :

## Éviter la pénétration d'humidité



FEF



MW



Les matériaux d'isolation en élastomère sont à cellule fermée et ont une résistance élevée à la transmission de la vapeur d'eau. La barrière anti-vapeur ne se résume pas à une simple feuille d'aluminium, pouvant facilement être endommagée, mais elle est construite sur toute l'épaisseur de l'isolation.



## UNE ISOLATION HUMIDE N'ISOLE PAS !

**La fonction du matériau d'isolation peut être considérablement entravée par l'humidité. Une isolation humide est aussi inutile qu'un manteau en laine mouillé en hiver. Les conséquences qu'entraîne l'absorption de l'humidité ne sont pas seulement des pertes majeures en énergie, mais également une probabilité accrue de corrosion sous isolation (CSI) ainsi que le risque de coûts de maintenance et de réparation élevés. Armacell s'est demandé comment les matériaux d'isolation sont protégés contre la pénétration inadmissible d'humidité.**

Comment les pingouins endurent-ils le climat glacial de l'Antarctique? Comment les ours polaires survivent-ils à des températures atteignant  $-50^{\circ}\text{C}$  dans l'océan arctique? Ces deux animaux bénéficient d'un principe physique commun dans le monde animal : leur plumage ou fourrure sont constitués de façon à ce que les plumes ou poils retiennent l'air. La multitude de poches d'air auto-contenues fournissent une protection idéale contre les pertes de chaleur. L'air statique et partiellement retenu est à la source des propriétés isolantes de la fourrure de l'ours polaire. Les humains ont également recours à ce principe, pas seulement pour les vêtements d'hiver (par exemple, avec les doudounes modernes),

mais aussi pour isoler les bâtiments.

**L'air statique arrête le flux de chaleur**  
Ce n'est généralement pas le matériau d'isolation en lui-même qui est doté de propriétés d'isolation thermique, mais l'air capturé. Dans le cas de panneaux d'isolation vides, toutefois, la cavité dépourvue d'air assure l'isolation. Il existe de nombreuses manières de systématiser les multiples matériaux d'isolation disponibles sur le marché. On peut diviser les matières premières en deux groupes : produits organiques et inorganiques. De plus, on distingue les matériaux naturels et synthétiques. Selon la structure, il est possible de différencier les isolations fibreuses, en mousse et en granulés.

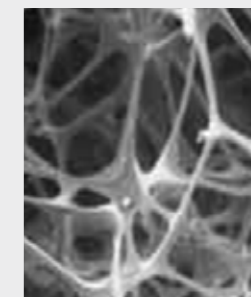
## STRUCTURE DE DIFFÉRENTS TYPES DE MATÉRIAUX D'ISOLATION

**Les matériaux d'isolation fibreux** sont constitués de fibres organiques (laine, textiles) ou inorganiques (verre, pierre) de faible diamètre, qui sont tissées ou collées ensemble. Les produits les plus répandus de ce groupe sont les fibres de verre, les fibres minérales et le polyester.

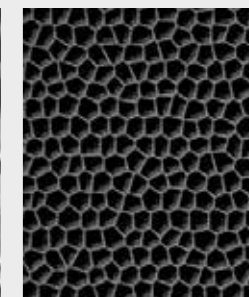


Fibres

**Les matériaux d'isolation en mousse** sont constitués de petites cellules individuelles. Si les cavités sont connectées entre elles, on parle de mousse à cellules ouvertes ; si en revanche leurs parois sont complètement séparées les unes des autres, on parle de mousse à cellules fermées. Il existe des produits flexibles et des mousses rigides. Les matériaux en mousse les plus connus sont fabriqués à base d'élastomères, polyéthylène, PUR/PIR, polystyrène, résine phénolique et verre cellulaire.

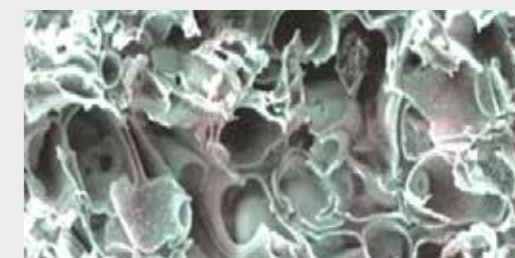


Mousse à cellules ouvertes



Mousse à cellules fermées

**Les granulés** sont fournis en vrac (petits nodules, grenailles ou pépites) ou bien liés entre eux pour former des plaques ou des parties d'isolation. Par exemple, le silicate de calcium, la perlite ou la vermiculite.



Granulé

Les matériaux d'isolation présentés ici diffèrent beaucoup par leurs propriétés physiques et mécaniques. Ils ont leurs forces et faiblesses et sont, selon l'application appropriés, moins appropriés voire complètement inadéquats.



Figure 2

### Protection contre l'absorption de l'humidité

Afin de s'assurer que les matériaux d'isolation installés pour les applications du froid fonctionnent bien et à long terme, il est essentiel qu'ils soient protégés contre la pénétration d'humidité. La conductivité thermique de l'eau est bien supérieure à celle des matériaux d'isolation. Par conséquent, l'absorption d'humidité conduit à l'augmentation des la conductivité thermique et à la détérioration des propriétés isolantes.

Si l'humidité pénètre dans le matériau d'isolation

- les pertes d'énergie augmentent,
- la corrosion sous isolation peut survenir,
- la moisissure peut apparaître,
- des frais de maintenance et de réparation sont encourus.

L'effet isolant décline rapidement et, sur le long terme, le matériel finit par ne plus accomplir sa fonction. 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.

### Matériaux d'isolation testés

Ayant expliqué l'impact de l'humidité sur la conductivité thermique, nous voudrions vous présenter maintenant un test pratique conduit par l'institut Fraunhofer pour Armacell.

Trois types différents de matériaux d'isolation ont été étudiés :

- La fibre minérale
- Le PUR
- Un matériau en élastomère.

AF/Armaflex ne nécessite pas de barrière supplémentaire anti-vapeur. Le matériau à cellules fermées est doté d'une barrière anti-vapeur « intégrée » et la résistance à la transmission de la vapeur d'eau est accomplie - cellule par cellule - sur toute l'épaisseur de l'isolation. La fibre minérale à cellules ouvertes et les produits en PUR sont quant à eux équipés d'une feuille en aluminium ou en PVC qui agit en tant que barrière anti-vapeur. Dans la pratique, il est difficile d'appliquer cette feuille d'une manière permettant de freiner correctement le flux de vapeur d'eau dirigé dans le matériau d'isolation. En outre, cette barrière anti-vapeur délicate est exposée au risque d'être altérée si le film est endommagé pendant l'installation ou le fonctionnement. Même lorsque la mise en place est effectuée avec le plus grand soin, il est pratiquement impossible d'obtenir une étanchéité satisfaisante à la vapeur d'eau avec des barrières anti-vapeur conventionnelles, notamment sur les points de fixation et sur les objets complexes, les coudes, les raccords en T, les clapets, les raccords, etc.

### Conditions du test dans la chambre d'essai

Pour simuler les dommages du système d'isolation qui, dans la pratique, sont une règle plutôt qu'une exception, deux petits trous ( $\varnothing$  5 mm) de 5 mm de profondeur ont été percés sur des côtés opposés à la surface d'un tuyau ou d'un tronçon de tube. Le test a été mené dans une chambre d'essai où la température et

l'humidité ont été maintenues à un niveau défini pendant la durée du calcul des mesures.

Des conditions de test modérées ont été volontairement choisies : les tuyaux ont fonctionné à une température en ligne de 20 °C. La température ambiante a été définie à 35 °C et l'humidité relative à 55 %. Le test a été conduit dans ces conditions pendant 33 jours.

### Résultats du test

#### Résistance à la transmission de la vapeur d'eau

Après l'accomplissement du test et le retrait des échantillons, la résistance à la transmission de la vapeur d'eau ( $\mu$ ) des différents matériaux d'isolation a été mesurée. Alors que la valeur  $\mu$  du matériau élastomère n'avait pas changé malgré les dommages et était encore supérieure à 10 000, la résistance à la transmission de vapeur d'eau du tronçon de tube en PUR était passée de 2 163 à 672 et la laine minérale recouverte d'aluminium avait atteint une valeur  $\mu$  de seulement 467 (contre 7 053 à l'origine).



Figure 3 : Mise en place du test : Les échantillons du test endommagés

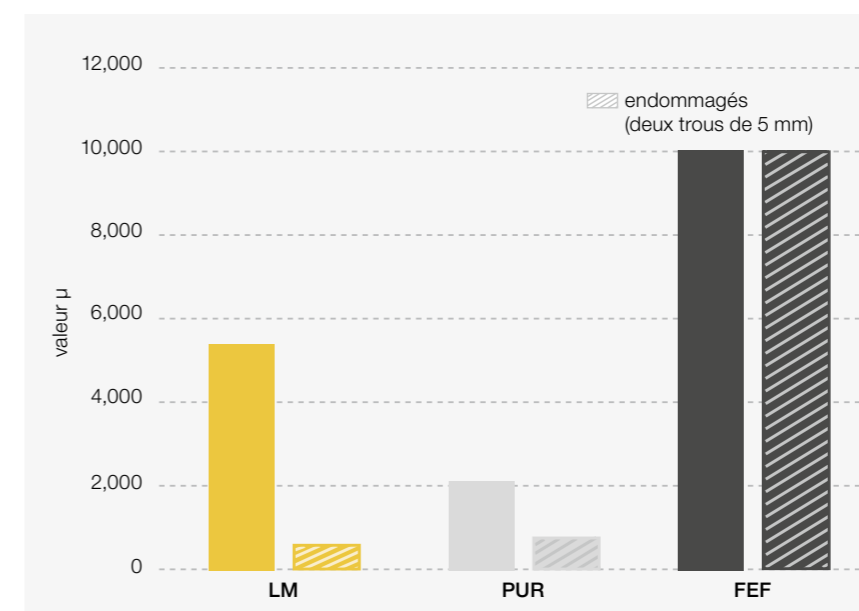


Figure 4 : Résistance à la transmission de la vapeur d'eau des matériaux d'isolation après le test

### Condensation sur les tuyaux

Étant donné que l'essai n'a duré que peu de temps et que les conditions étaient modérées, les matériaux d'isolation ne montrent qu'une faible absorption d'humidité sur l'ensemble de leur épaisseur. Toutefois, d'importantes différences sont évidentes si l'on regarde la couche isolante interne (5 mm). Même en peu de temps, une quantité considérable d'humidité s'est accumulée dans cette zone des échantillons de fibres minérales, et plus encore dans les tronçons de tubes en PUR. Les matériaux d'isolation en FEF ne montrent quant à eux aucun signe d'absorption d'humidité dans cette zone critique.

Dans le cas de l'isolation en PUR et en laine minérale, le flux de diffusion d'air ambiant humide a apparemment été dirigé de l'extérieur vers l'intérieur, et la vapeur d'eau s'est précipitée ici en condensation. Aucune humidité n'a en revanche pénétré le matériau en FEF. La photographie des surfaces respectives des tuyaux après le retrait du matériau d'isolation le confirme. Bien que des quantités considérables d'hu-

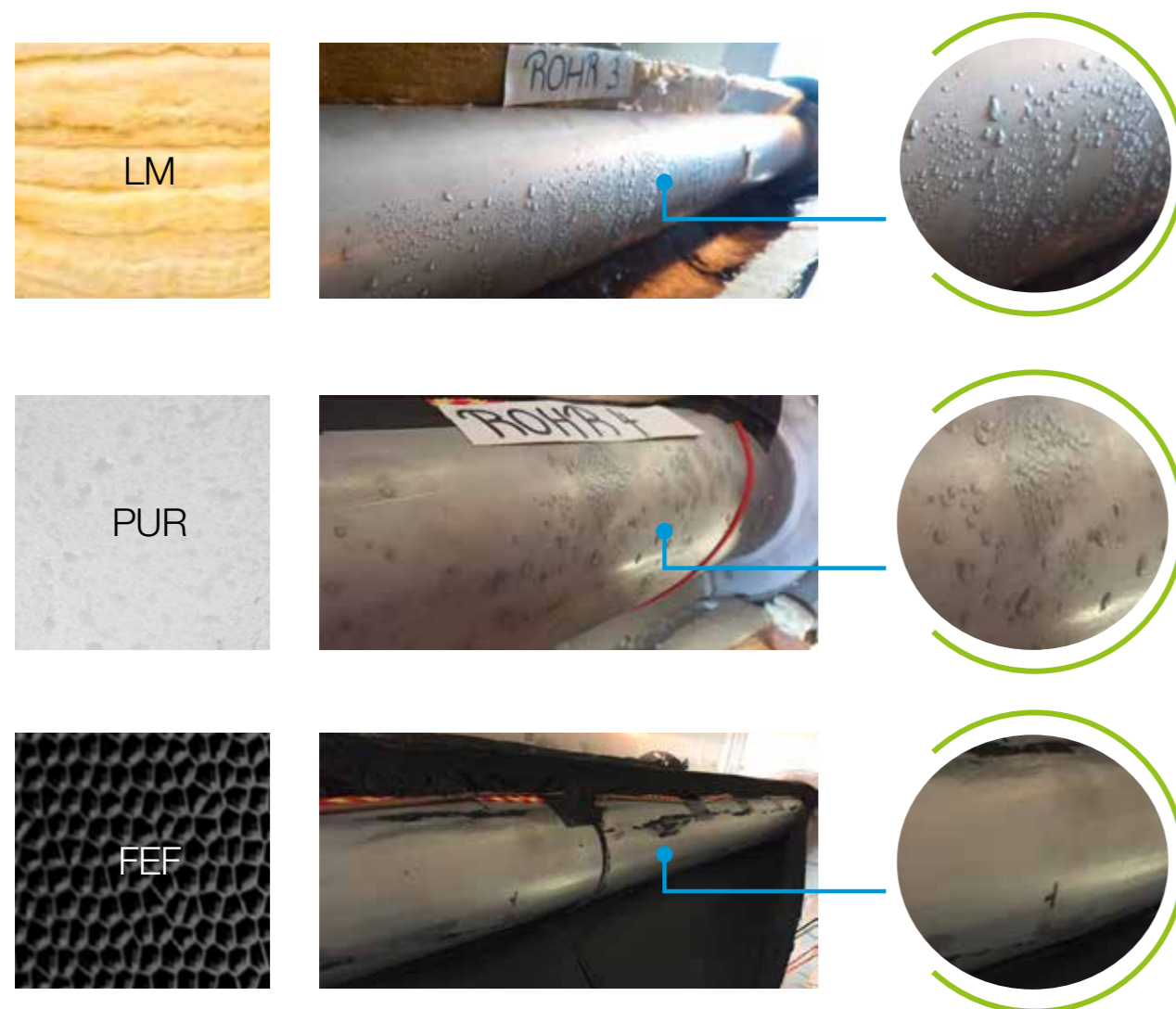


Figure 5 : Surface des tuyaux après le retrait de l'isolation.



Figure 6 : Dans le cas de l'isolation en fibre minérale, l'air humide a pénétré surtout autour des raccords, alors que ces surfaces sont restées sèches sous l'isolation en FEF.

midité se soient accumulées sous l'isolation en PUR et en laine minérale, il n'y a pas de condensation sur la surface du tuyau sous l'isolation en FEF (voir Figure 5).

Tel que le montrent les photos, la barrière anti-vapeur a échoué, surtout sur les raccords, et de l'air humide a pénétré dans l'isolation (voir la Figure 6.)

Même dans ces conditions d'essai modérées, les matériaux en fibre minérale et PUR n'ont pas pu arrêter la diffusion de l'humidité dans l'isolation, ni la formation de condensation à la surface du tuyau. La barrière anti-vapeur n'a pas pu freiner efficacement l'absorption de la vapeur d'eau. Seul le matériau d'isolation en FEF a empêché la pénétration d'humidité.

Il est également intéressant d'observer le développement au fil du temps. 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, que ce soit avec ou sans dommages. La condensation apparaît sur les tuyaux sous isolation en PUR au bout de 21 (revêtement endommagé) ou 23 jours.

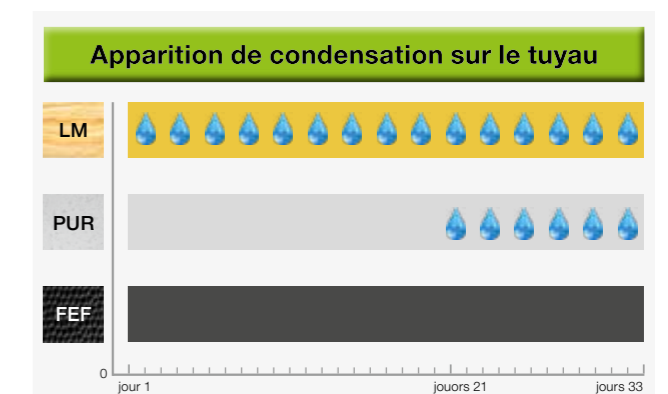
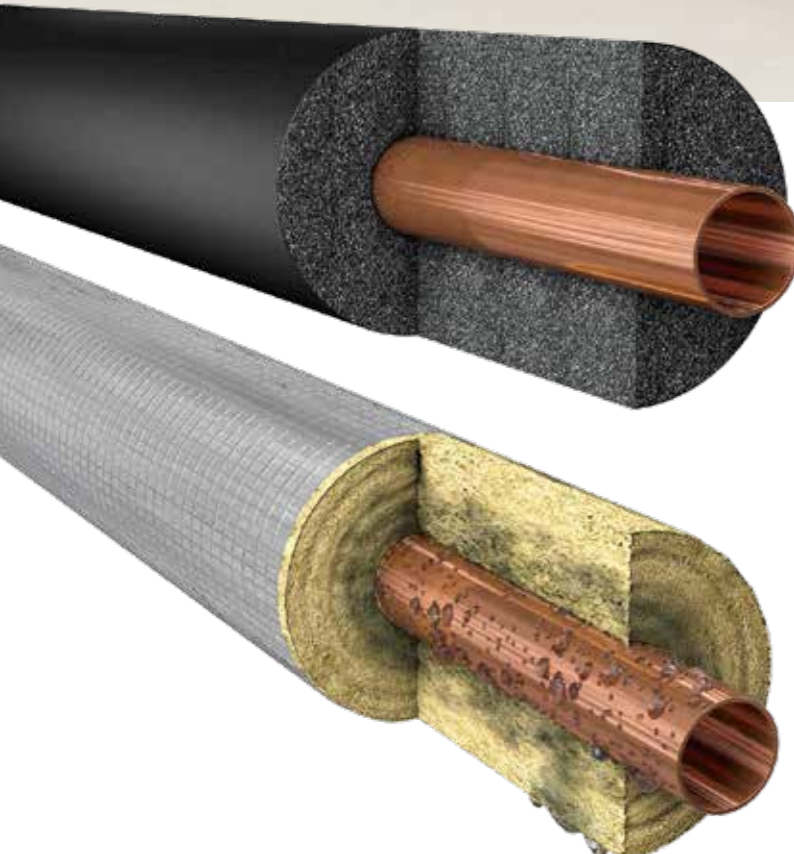


Figure 7



### Apparition de condensation sur le tuyau

Pour étudier les effets de l'absorption d'humidité à long terme, l'Institut Fraunhofer a effectué des calculs fondés sur ces résultats et a simulé le comportement des matériaux d'isolation sur une période de dix ans. On a émis les hypothèses suivantes pour ces calculs : le tuyau fonctionne à une température en ligne de 5 °C. Une température de 35 °C et une humidité relative à 80 % ont été définies comme conditions ambiantes.

La figure 9 montre combien d'humidité les matériaux d'isolation absorberaient sur une période utile de dix ans. Alors que la teneur en humidité dans le matériau d'isolation en FEF est toujours inférieure à 5 % au bout de dix ans, elle est montée à presque 20 % dans l'isolation en fibre minérale, et à 25 % dans le matériau en PUR.

Figure 8 : Les matériaux d'isolation en FEF protègent les tuyaux contre la condensation.

### Conductivité thermique majeure

Durant la période courte du test, la conductivité thermique des matériaux d'isolation n'a pas augmenté de façon significative. Ces résultats ne sont pas ce à quoi on s'attendait, étant donné les conditions modérées et le délai de temps court. Si les résultats des tests sont extrapolés à une période utile de dix ans, les différences considérables entre les matériaux deviennent évidentes.

Alors que la valeur  $\lambda$  de la FEF n'a augmenté que de 15 % environ en dix ans, la conductivité thermique de la laine minérale a augmenté de 77 % et celle de l'isolation en PUR de 150 % (voir la Figure 10).

La conductivité thermique augmente à chaque vol.-% de contenu d'humidité et l'effet isolant se détériore rapidement. Les conséquences ne se traduisent pas seulement par une augmentation constante des pertes d'énergie sur l'ensemble de la période utile, mais également par une baisse de la température de surface. La condensation se produit en cas de chute au-dessous de la température du point de rosée. La seule manière de garantir que la température de surface reste 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 au fil du temps.

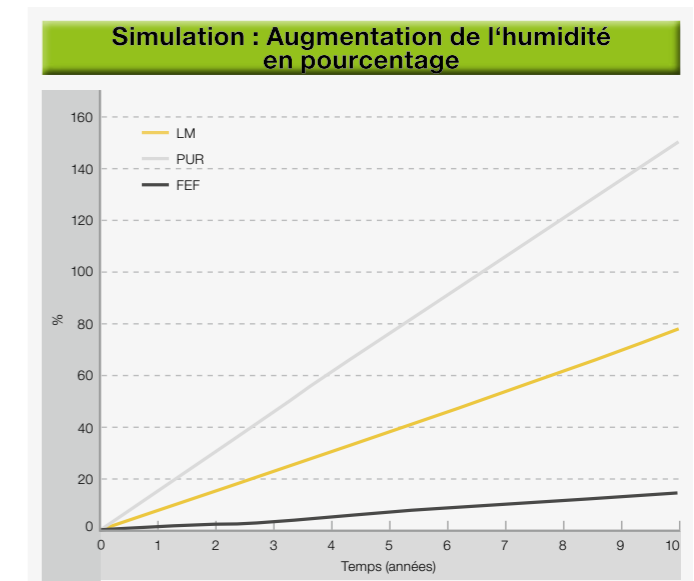


Figure 9

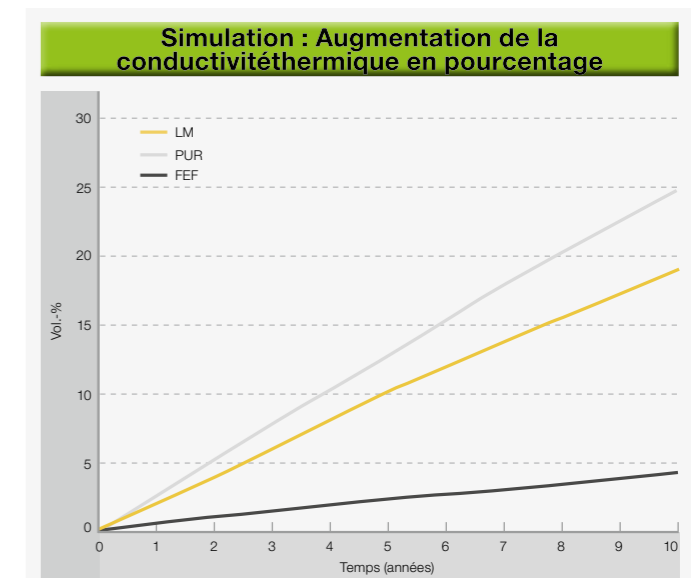


Figure 10

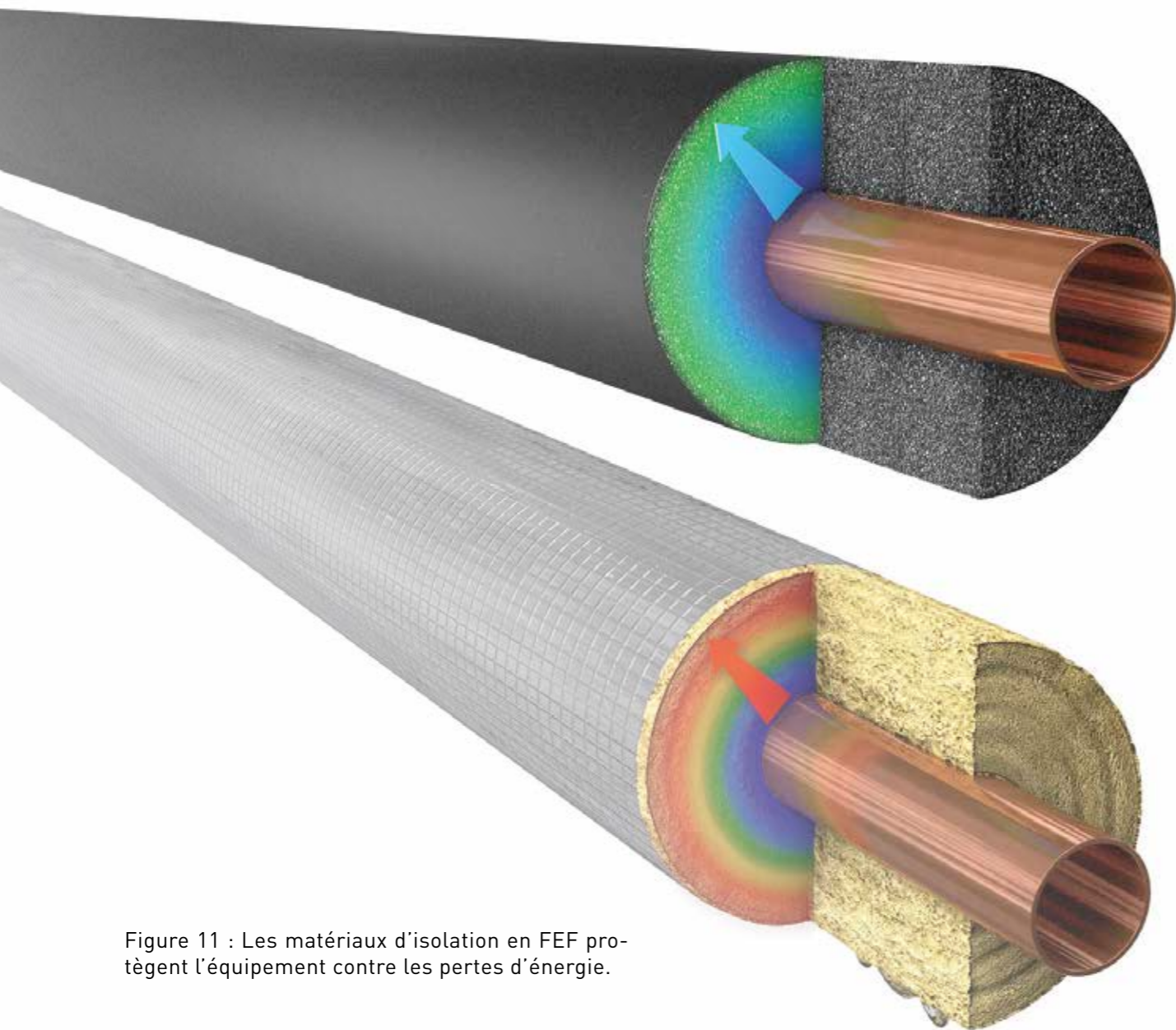


Figure 11 : Les matériaux d'isolation en FEF protègent l'équipement contre les pertes d'énergie.

### Conclusion

Comme l'a montré l'étude, la conductivité thermique du matériau ne doit pas être le seul critère pris en compte lors du choix d'un matériau d'isolation. Afin d'éliminer la formation de condensation sur la surface du tuyau et l'augmentation de la conductivité thermique sur l'ensemble de la durée utile, le matériau d'isolation doit également être protégé contre l'absorption d'humidité. C'est pourquoi il est important que les prescripteurs et les constructeurs d'installations frigorifiques comprennent que la conductivité thermique établie par les fabricants est la conductivité thermique initiale ou la «valeur  $\lambda$  sèche», et qu'il compare la résistance à la transmission de vapeur d'eau des matériaux lorsqu'ils sélectionnent un produit.

Dans les FEF, la résistance à la transmission de la vapeur d'eau est accomplie sur toute

l'épaisseur de d'isolation, et est de 7 000 ou, dans le cas de AF/Armaflex, 10 000. Dans le cas des fibres minérales et des produits PUR en revanche, la résistance est limitée à une barrière anti-vapeur fine qui n'est pas en mesure de protéger efficacement le matériau d'isolation contre l'absorption d'humidité. Même des dommages de très petite importance ont un impact sur l'efficacité de la barrière anti-vapeur, surtout aux points de fixation, sur les coudes, les raccords en T et autres raccords, où la condensation est inévitable.

Si le matériau d'isolation est complètement trempé, l'augmentation de la consommation d'énergie est souvent le dernier des problèmes. La moisissure, les dommages structurels, par exemple aux faux plafonds, ou la perturbation des processus indus-



triels en raison de travaux de maintenance et des temps d'arrêt, peuvent entraîner des coûts immenses.

En utilisant des matériaux d'isolation à cellules ouvertes pour les applications du froid, les prescripteurs et les installateurs prennent un risque inestimable, qui peut leur coûter cher. Les fabricants de produits en fibre minérale promeuvent des matériaux d'isolation spécialement développés pour les applications du froid. 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. La garantie de 15 ans accordée par le fabricant n'enlève rien au fait qu'en cas de plainte, l'utilisateur est tenu de prouver que le produit a été installé correctement.

En Allemagne, l'utilisation de la laine minérale dans des applications frigorifiques est contraire aux exigences de la norme DIN 4140 (Isolation des installations industrielles et des équipements en bâtiment - Exécution des isolations thermiques et frigorifiques). Ce n'est quasiment autorisé que si une double chemise est installée (une enveloppe métallique brasée ou soudée, étanche à l'air et à la diffusion). Étant donné toutefois la longueur du processus et

son coût, il est peut probable que cela soit fait.

Ils est hautement recommandé d'installer des matériaux d'isolation à cellules fermées sur les tuyaux de refroidissement de l'eau, avec une résistance élevée à la transmission de la vapeur d'eau et une conductivité thermique basse. Cela permet en outre d'assurer que les processus de diffusion potentiels soient réduits au minimum à long terme.



**AUTEUR**

**Georgios Eleftheriadis**

Armacell Manager Technical Marketing EMEA



# PLUS D'INFORMATIONS

Le risque d'absorption de l'humidité dans les matériaux d'isolation fait aussi l'objet d'une campagne d'information actuellement diffusée par Armacell. La compagnie utilise des vidéos, l'infographie, des brochures et différents moyens sur son site internet, afin d'expliquer les conséquences d'une isolation humide. La campagne a recours à une grande variété de modèles et s'adresse aux différents groupes visés de façon spécifique, comme les prescripteurs, les installateurs et les opérateurs du bâtiment.



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