



# minERAL

DN 100 à DN 2000

CANALISATIONS EN FONTE DUCTILE POUR LES MINES  
ADDUCTION DES EAUX ET DES BOUES

SOLUTIONS DE CANALISATIONS ET D'AVENIR



# SAINT-GOBAIN



**66** pays



**170 000** collaborateurs



**12** centres de recherche



**3** pôles d'activité :

● Matériaux innovants (vitrage et matériaux hautes performances)

● Produits pour la construction (Plâtre, isolation acoustique et thermique, revêtement de façades, toiture, canalisation)

● Distribution bâtiment (matériaux de construction)



EST UNE SOCIÉTÉ DU GROUPE SAINT-GOBAIN

# minERAL

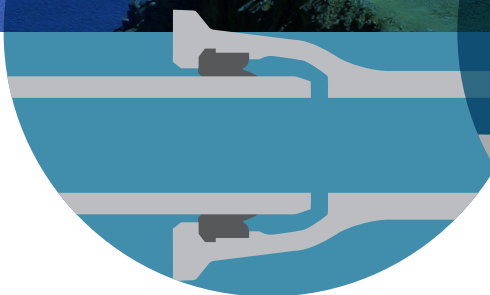
## SOLUTION DE CANALISATIONS POUR LES MINES



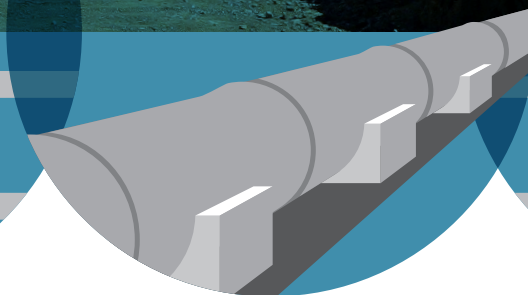
**"PUSH-IN"  
JOINT**

**FACILE À  
INSTALLER**

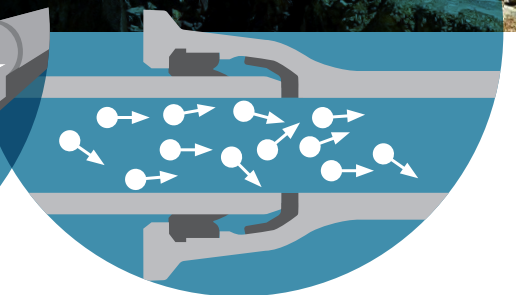
**RÉSISTANT À  
L'ABRASION**



EN SAVOIR PLUS  
AU CHAPITRE 3.4



EN SAVOIR PLUS  
AU CHAPITRE 2.2

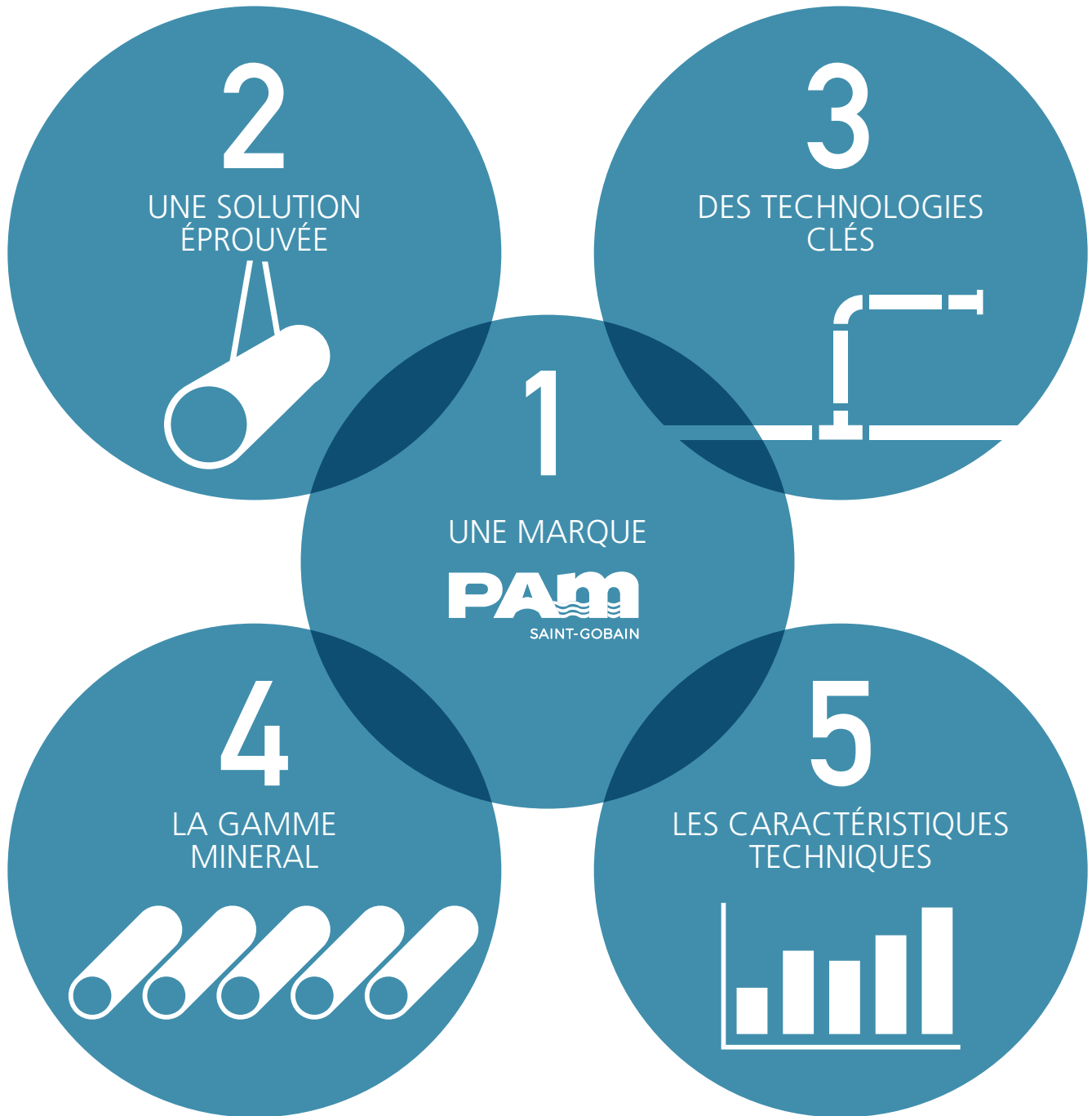


EN SAVOIR PLUS  
AU CHAPITRE 3.2

# minERAL



# SOMMAIRE



## 1 UNE MARQUE

- 1.1 DES RÉFÉRENCES
- 1.2 DES SERVICES
- 1.3 LA SÉCURITÉ ET L'ENVIRONNEMENT

## 2 UNE SOLUTION ÉPROUVÉE

- 2.1 CONCEVOIR FACILEMENT
- 2.2 INSTALLER RAPIDEMENT
- 2.3 EXPLOITER RATIONNELLEMENT

## 3 DES TECHNOLOGIES CLÉS

- 3.1 LA FONTE DUCTILE
- 3.2 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS
- 3.2 LES REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS
- 3.3 LE PUSH-IN JOINT
- 3.4 LA BAGUE D'ÉCOULEMENT
- 3.5 LA BAGUE DE VERROUILLAGE

## 4 LA GAMME MINERAL

- 4.1 TUYAUX
- 4.2 RACCORDS
- 4.3 JOINTS

## 5 CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- 5.1 NORMES ET CERTIFICATS
- 5.2 LA FONTE DUCTILE
- 5.3 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PAM
- 5.4 LES JOINTS PAM
- 5.5 LES REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS PAM
- 5.6 EXEMPLES TCO-LCA



# 1

## UNE MARQUE



- 1** **UNE MARQUE**
- 1.1 DES RÉFÉRENCES
- 1.2 DES SERVICES
- 1.3 LA SÉCURITÉ ET L'ENVIRONNEMENT



**1.1 160 ANS D'EXPÉRIENCE,  
126 PAYS**



# DES RÉFÉRENCES

1.1.1


## EXPERTISE MONDIALEMENT RECONNUE

Depuis 1856, Saint-Gobain PAM Canalisation conçoit, produit et commercialise des systèmes de canalisations dédiés à l'adduction d'eau potable, à l'assainissement, aux eaux brutes et fluides hydrauliques de l'industrie et des mines. Sa réputation dans les métiers de la canalisation est fondée sur sa longue expérience, sur la fiabilité de ses produits, ainsi que sur les services qui les accompagnent.

1.1.2

## 40 000 KM DE CANALISATIONS PAR AN

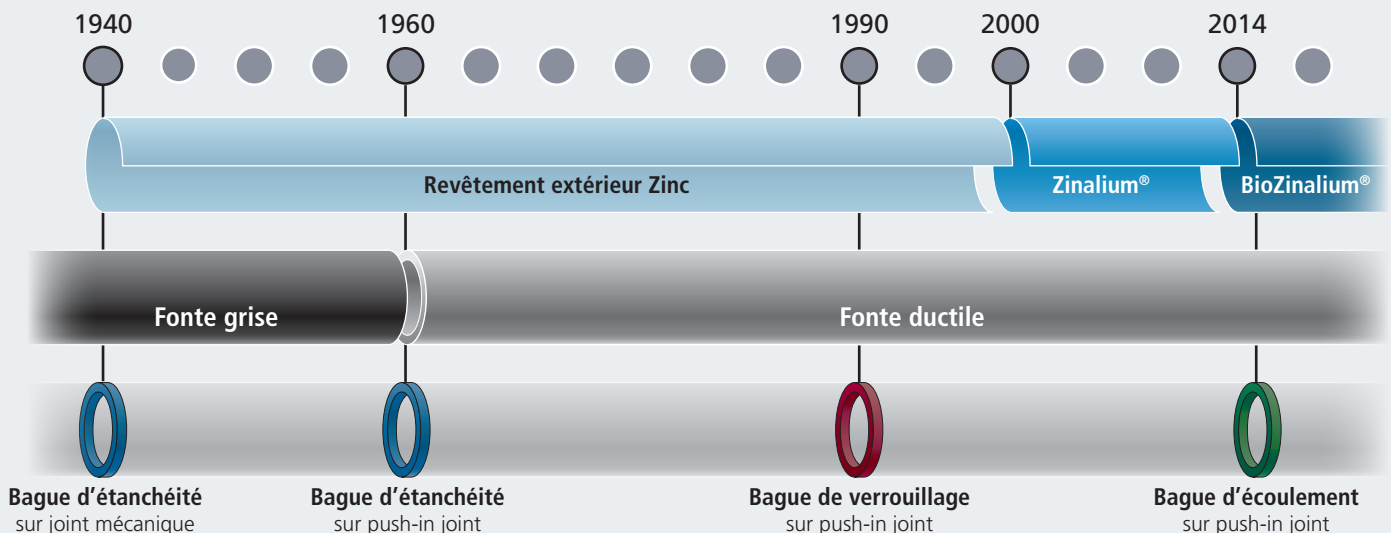
De grands industriels à travers le monde ont fait confiance aux canalisations PAM, pour l'exploitation ou la protection incendie.

 KINROSS, <i>Gold mine, tailings transport</i>	 LKAB, LULEÅ <i>Iron ore mine</i>	 OCP, <i>Phosphate mine Drainage main</i>
 RIO TINTO, <i>Costal project, water transport</i>	 NAMWATER / CGNPC <i>Uranium mine Desalted water transport</i>	 ELF, TOTAL, ATOCHEM, DUPONT-NEMOURS, SHELL, EXXO, SOLVAY
 BHP Billington, <i>Copper mine, Tuberías naca y vaca</i>	 RWE Rheinbraun <i>Lignite mine Drainage main</i>	 STATOIL, <i>Firefighting system, disposal</i>
 SNIM, <i>Iron ore mine</i>		



## DES INNOVATIONS DEVENUES DES STANDARDS

Saint-Gobain PAM Canalisation améliore constamment les performances de ses canalisations, en particulier la qualité de la fonte ductile centrifugée, l'efficacité des revêtements intérieurs et extérieurs et la fiabilité des systèmes d'assemblage. Ses ingénieurs et ses chercheurs ont mis au point plus de 150 inventions qui ont généré à ce jour 1 500 brevets.





# 1.2 AVEC VOUS, JUSQU'AU BOUT DU MONDE



# DES SERVICES

1.2.1

## UN RÉSEAU INTERNATIONAL

Saint-Gobain PAM Canalisation dispose d'un réseau mondial organisé pour assurer un service de proximité aux exploitants, aux bureaux d'études et aux entreprises de pose. Saint-Gobain PAM Canalisation s'efforce en permanence de partager avec ses clients et ses distributeurs l'expérience de ses nombreuses réalisations dans le monde.



1.2.2

## CHAQUE ÉTAPE DU PROJET EN TOUTE CONFIANCE

Des équipes locales Saint-Gobain PAM Canalisation sont présentes tout au long de l'élaboration du projet jusqu'à son parfait achèvement. Elles sont appuyées par des experts en analyse des sols et des eaux, des phénomènes d'abrasivité, des calculs en hydraulique et ingénierie civile.



Étude de sols  
et analyse des eaux



Choix de  
la gamme produits



Appui  
ingénierie



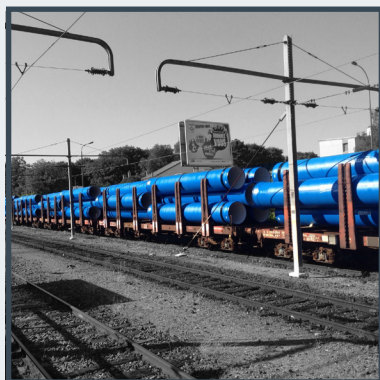
Mise en œuvre  
et formation



Accompagnement  
exploitation

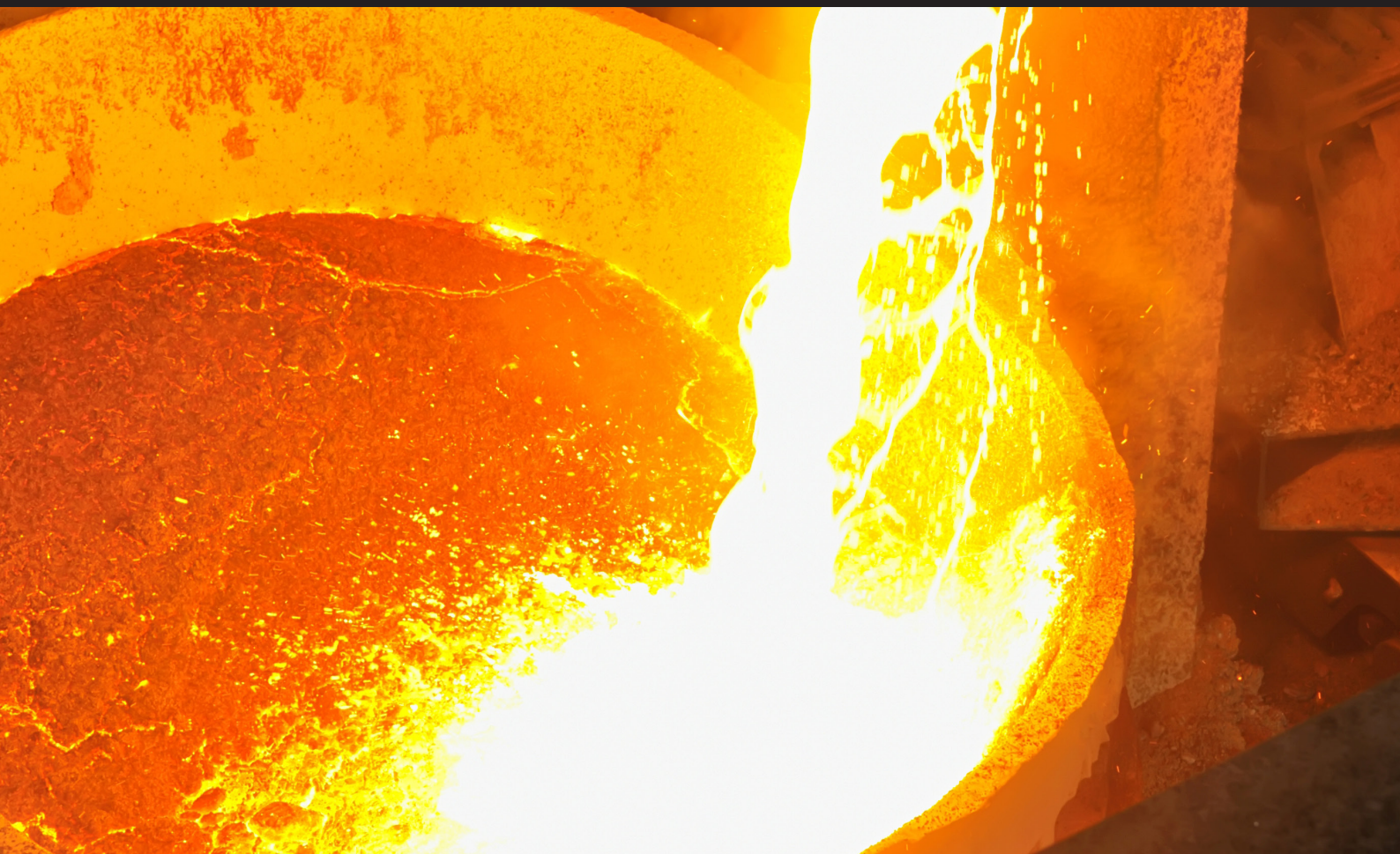
## UNE LOGISTIQUE INTERCONTINENTALE

Saint-Gobain PAM Canalisation intervient sur les projets de très grands linéaires (centaines de Km) comme sur les systèmes de canalisation plus complexes à l'intérieur des sites d'exploitations industrielles ou minières. Saint-Gobain PAM Canalisation est en mesure de prendre en charge la totalité de la chaîne logistique depuis l'usine de fabrication jusqu'au chantier, d'affréter des camions et des trains, décharger des navires et gérer des conteneurs au meilleur coût et dans les meilleures conditions de sécurité.





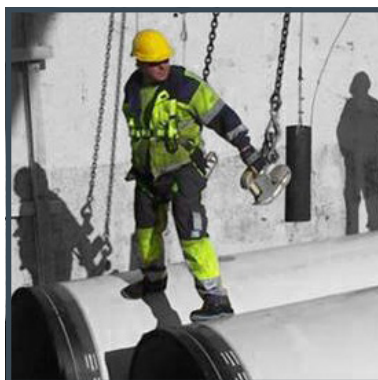
# 1.3 L'EAU, LA TERRE, LE FEU ... ET LA FONTE DUCTILE



# LA SÉCURITÉ ET L'ENVIRONNEMENT

1.3.1

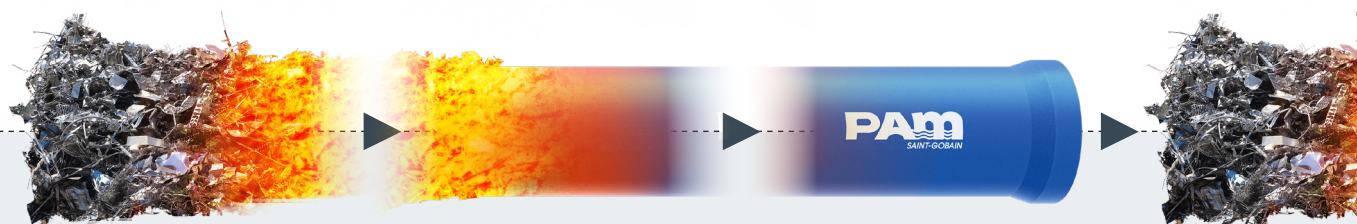
## LES HOMMES ET LA SÉCURITÉ



La sécurité des personnes est au cœur des préoccupations de Saint-Gobain PAM Canalisation dans ses usines comme durant le transport et sur les chantiers. Saint-Gobain PAM Canalisation fournit aux transporteurs, poseurs et exploitants, les procédures détaillées pour manutentionner, stocker et assembler ses produits dans les meilleures conditions de sécurité.

1.3.2

## 100% RECYCLABLE ET INDÉFINIMENT



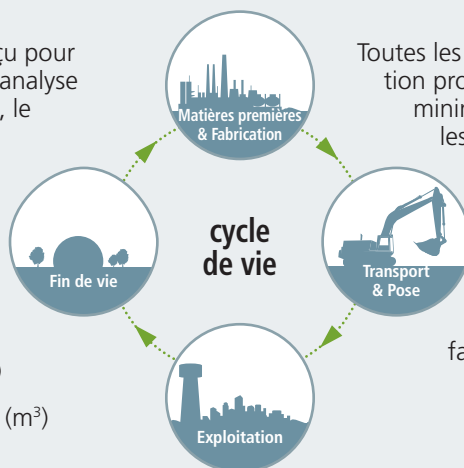
La fonte ductile, issue en grande partie des ferrailles de déconstruction, est recyclable à 100%, indéfiniment et facilement, grâce à la proximité des filières de récupération des métaux. Les canalisations en fonte sont rigides et robustes et n'exigent pas des taux de compactage excessifs lorsqu'elles sont posées en tranchées. Avec des revêtements adaptés, elles permettent de réutiliser des remblais natifs plutôt que des matériaux importés de carrières éloignées.



## L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE EN TOUTE TRANSPARENCE

Le progiciel LCA PAM Calculator est conçu pour évaluer l'empreinte environnementale. Il analyse le cycle de vie (LCA) depuis la fabrication, le transport, la pose, l'exploitation jusqu'au recyclage. Conforme à la norme EN 14044, ce progiciel permet d'évaluer sur un projet défini :

- l'émission de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> équivalent),
- la consommation d'énergie fossile (MJ)
- le volume d'eau prélevé dans la nature (m<sup>3</sup>)



Toutes les usines de Saint-Gobain PAM Canalisation produisent sous contrôle ISO 14001, afin de minimiser les impacts écologiques, de prévenir les incidents de pollution, de maîtriser la gestion des déchets et les consommations d'eau.

Grâce à ses nouveaux procédés industriels, Saint-Gobain PAM Canalisation a réduit de 30% en moyenne ses besoins en énergie pour fabriquer un tuyau de même diamètre.

*Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" avec 2 exemples de calcul LCA.*



**PAM** MINERAL  
M700

# 2

## UNE SOLUTION ÉPROUVÉE



- 2** **UNE SOLUTION ÉPROUVÉE**
- 2.1 CONCEVOIR FACILEMENT
- 2.2 INSTALLER RAPIDEMENT
- 2.3 EXPLOITER RATIONNELLEMENT



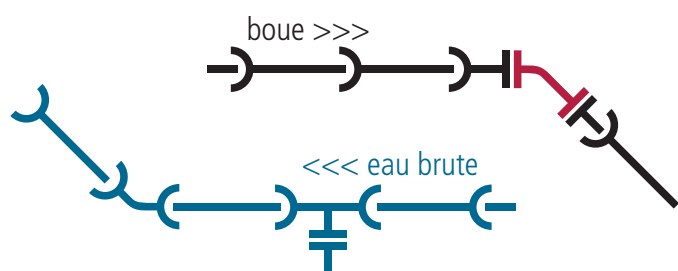
## 2.1 INGÉNIEUX ET SIMPLE



# CONCEVOIR FACILEMENT

2.1.1

## EMBOÎTURES OU BRIDES, 100% COMPATIBLES



Constitué de 50 000 références, du DN 80 au DN 2000, le système de tuyaux et raccords de Saint-Gobain PAM Canalisation permet de concevoir des réseaux, de toutes tailles, de toute complexité, dans tous les environnements.

Avec des composants standardisés, équipés de jonctions à emboîtures ou à brides 100% compatibles entre elles, le système Saint-Gobain PAM Canalisation facilite considérablement le travail des ingénieurs en charge de la conception des réseaux.

Saint-Gobain PAM Canalisation met à disposition une bibliothèque d'images numériques qui peuvent s'intégrer aux principaux progiciels de dessins des bureaux d'études.

2.1.2

## ASSURANCE QUALITÉ ET CERTIFICATION

Saint-Gobain PAM Canalisation conçoit, fabrique et commercialise ses produits conformément aux exigences du système d'assurance qualité ISO 9001. Le processus qualité est régulièrement audité par des organismes tiers externes qui délivrent les certificats de conformité.

Tous les produits Saint-Gobain PAM Canalisation sont conformes aux normes européennes (EN) et internationales (ISO) en vigueur.

*Plus d'info au chapitre "caractéristiques techniques" sur les normes et certificats.*

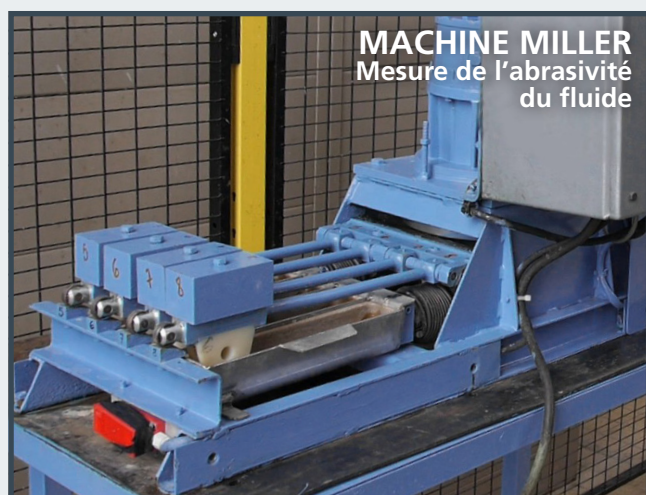


**PAM SOLUTION**  
SAINT-GOBAIN

## UN CENTRE DE COMPÉTENCE ABRASION À VOTRE SERVICE

Sur demande, le Centre de Compétence de Saint-Gobain PAM Canalisation peut caractériser le taux d'agressivité chimique et mécanique d'un échantillon d'eau ou de boue. Chaque expertise fait l'objet d'un rapport d'analyses remis au

demandeur. En complément, le centre dispose d'une boucle d'abrasion pour tester en grandeur réelle le comportement des revêtements intérieurs et procède à des essais in situ dans des exploitations minières.





## 2.2

## LE TEMPS C'EST DE L'ARGENT



# INSTALLER RAPIDEMENT

2.2.1

## DES COMPOSANTS ROBUSTES

PAM conçoit des pièces performantes et robustes, compatibles avec les conditions de transport par camion, par train, par bateau et aptes à supporter les empilages de stocks et les rudes manipulations sur chantiers.

2.2.2

## DES CADENCES ÉLEVÉES



1. Excaver



2. Déposer



3. Assembler



4. Remblayer

Déposer, aligner, emboîter! Pas de soudure sur site, pas de réfection de revêtement, pas de contrôle aux ultrasons ni rayons X... Aucun autre matériau n'égale la cadence d'assemblage des tuyaux de fonte ductile à emboîtures. Pas d'immobilisation d'engins spécialisés, ni de temps d'attente pour séchage ou refroidissement des assemblages. Rien n'égale la souplesse de gestion des arrêts, des redémarrages et de l'avancement du chantier avec la technologie Saint-Gobain PAM Canalisation.

Déserts ou forêts, marécages ou montagnes, soleil ou neige, les tuyaux et raccords, leurs protections et leurs assemblages sont conçus pour tous les climats et toutes les situations. Aucun temps d'attente, quelle que soit la température, quel que soit le niveau d'humidité.

*Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur les temps d'assemblage.*

**PAM** SOLUTION  
SAINT-GOBAIN

## EN TRANCHÉE OU SUR SUPPORTS, SANS COMPENSATEUR DE DILATATION

**EN TRANCHÉE** : une pelleuse pour les lignes droites en grande cadence, de simples tire-forts dans les fonds de fouilles difficilement accessibles !

**EN SURFACE** : des supports simples à réaliser en atelier, faciles à installer sur site : les joints flexibles s'ajustent aux éventuels désalignements des supports et se comportent comme autant de compensateurs de dilatation thermiques.

**EN TUNNEL** : Les longueurs courtes des tuyaux (6m et 8m) facilitent l'accès dans les galeries et le push-in joint permet un assemblage sans soudure ni équipements encombrants.

**SUR LE SOL** : tuyaux calés sur le sol et avec des joints verrouillés, démontables, lorsque le DN et la pression le permettent.





## 2.3 L'EAU, 24H/24



# EXPLOITER RATIONNELLEMENT



## 2.3.1

### ÉTANCHE ET FIABLE

L'eau est indispensable au fonctionnement d'une exploitation minière. Une coupure d'eau peut se traduire par de lourds retards d'extraction. Une fuite détectée trop tardivement peut provoquer des pollutions de l'environnement fort coûteuses.

- La fonte est un matériau robuste, qui résiste aux pressions de service élevées, aux accidents mécaniques externes.
- Les joints à emboîtures flexibles s'accommodent des surpressions comme des mouvements de sols.
- Les revêtements protègent durablement de la corrosion et/ou de l'abrasivité des fluides.

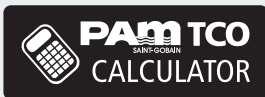
## 2.3.2

### ÉVOLUTIF ET PÉRENNE

Les canalisations Saint-Gobain PAM Canalisation à emboîtures flexibles s'adaptent facilement aux modifications des tracés et aux mouvements des sols : elles sont particulièrement indiquées pour les sites miniers et industriels en constante évolution.

Elles sont conçues avec une réserve de sécurité qui autorise en toute confiance les augmentations de débit, de pression. Et également les accroissements des charges en surface (routes, bâtiments, charges roulantes...).

Les statistiques internationales relatives aux réseaux d'eau potable enterrés montrent que les canalisations en fonte ductile ont des durées d'exploitation supérieures à 100 ans.



## INVESTIR POUR DÉPENSER MOINS

Investir dans une canalisation fiable, c'est diminuer ses risques d'arrêt d'exploitation.

Les coûts de pompage et de pertes d'eau ou de pollution accidentelle au cours de la vie d'un réseau sont considérablement supérieurs à son coût d'achat initial.

Le progiciel TCO PAM calculator est conçu pour évaluer le coût total de possession. Il met en valeur les coûts immédiats de l'investisseur et les coûts différés de l'exploitant.

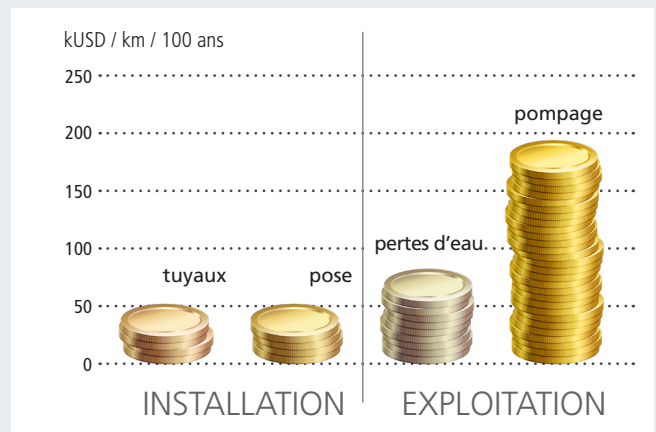
La méthode de calcul prend en compte :

- Les coûts d'acquisition (tuyaux, pose, emprunts...).
- Les coûts d'exploitation (maintenance, pertes d'eau, énergie de pompage).
- Les coûts de fin de vie (démontage, recyclage).

*Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" avec 2 exemples de calcul TCO.*



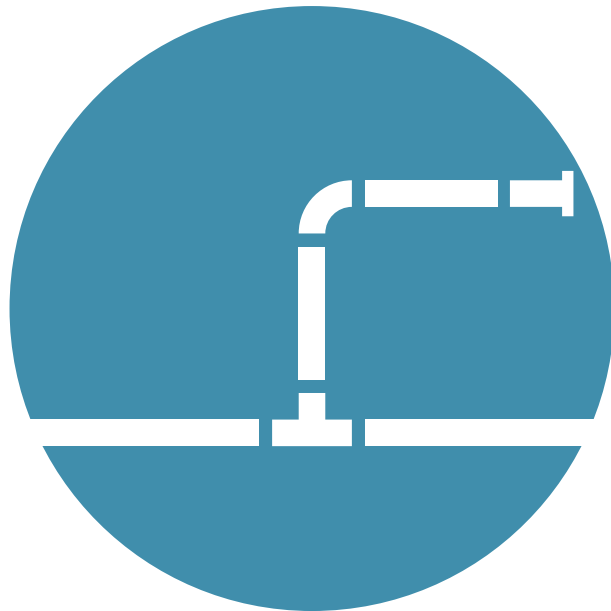
### TUYAU MINERAL DN 200 SUR 100 ANS





# 3

## DES TECHNOLOGIES CLÉS

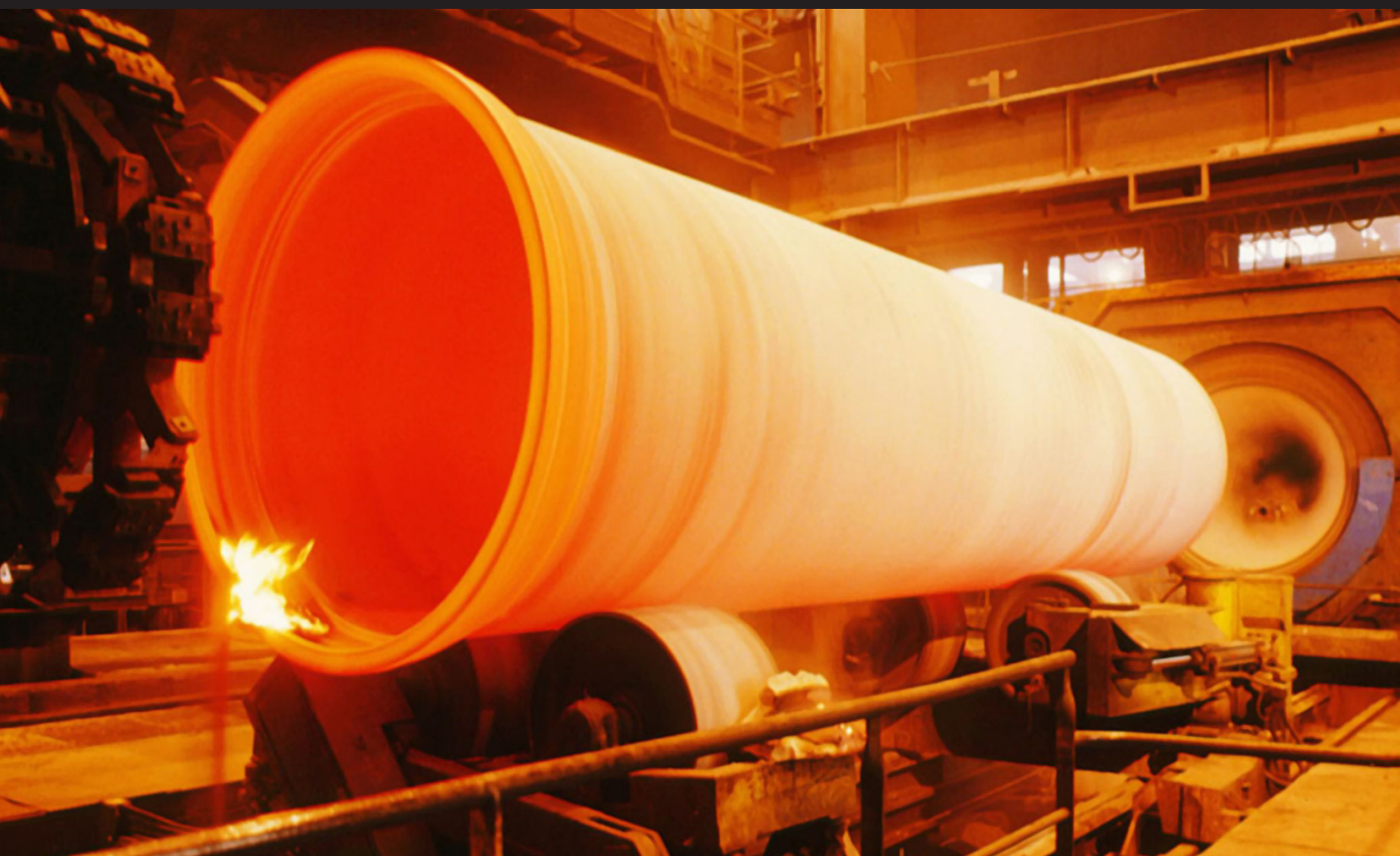


### **3 DES TECHNOLOGIES CLÉS**

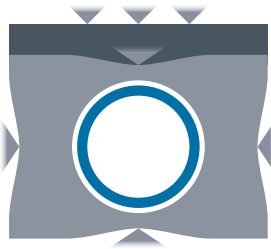
- 3.1 LA FONTE DUCTILE
- 3.2 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS
- 3.3 LES REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS
- 3.4 LE PUSH-IN JOINT
- 3.5 LA BAGUE D'ÉCOULEMENT
- 3.6 LA BAGUE DE VERROUILLAGE



# 3.1 LA RESISTANCE AU COEUR DE LA MATIÈRE



# LA FONTE DUCTILE



## 3.1.1

## SOLIDE SOUS LES CHARGES

En conditions enterrées, avec ou sans charges roulantes, le tuyau en fonte ductile a un comportement semi-rigide : il offre un excellent compromis entre contrainte mécanique dans la paroi (petit DN) et ovalisation (grand DN). On peut le poser en forte et faible hauteur de couverture et facilement dans les sols de faible rigidité. Le système "sol / tuyau semi-rigide" offre une stabilité mécanique optimale dans le temps, sans risque de flambage en grand DN.

## 3.1.2

## RÉSISTANT EN PRESSION

Les épaisseurs de parois sont calculées avec un coefficient de sécurité de 3 par rapport à la pression maximum d'utilisation. Cette réserve de sécurité est fort utile face aux impacts lors de l'installation, aux surpressions accidentelles et fatigues mécaniques d'exploitation.



## 3.1.3

## INSENSIBLE AUX CHOCS

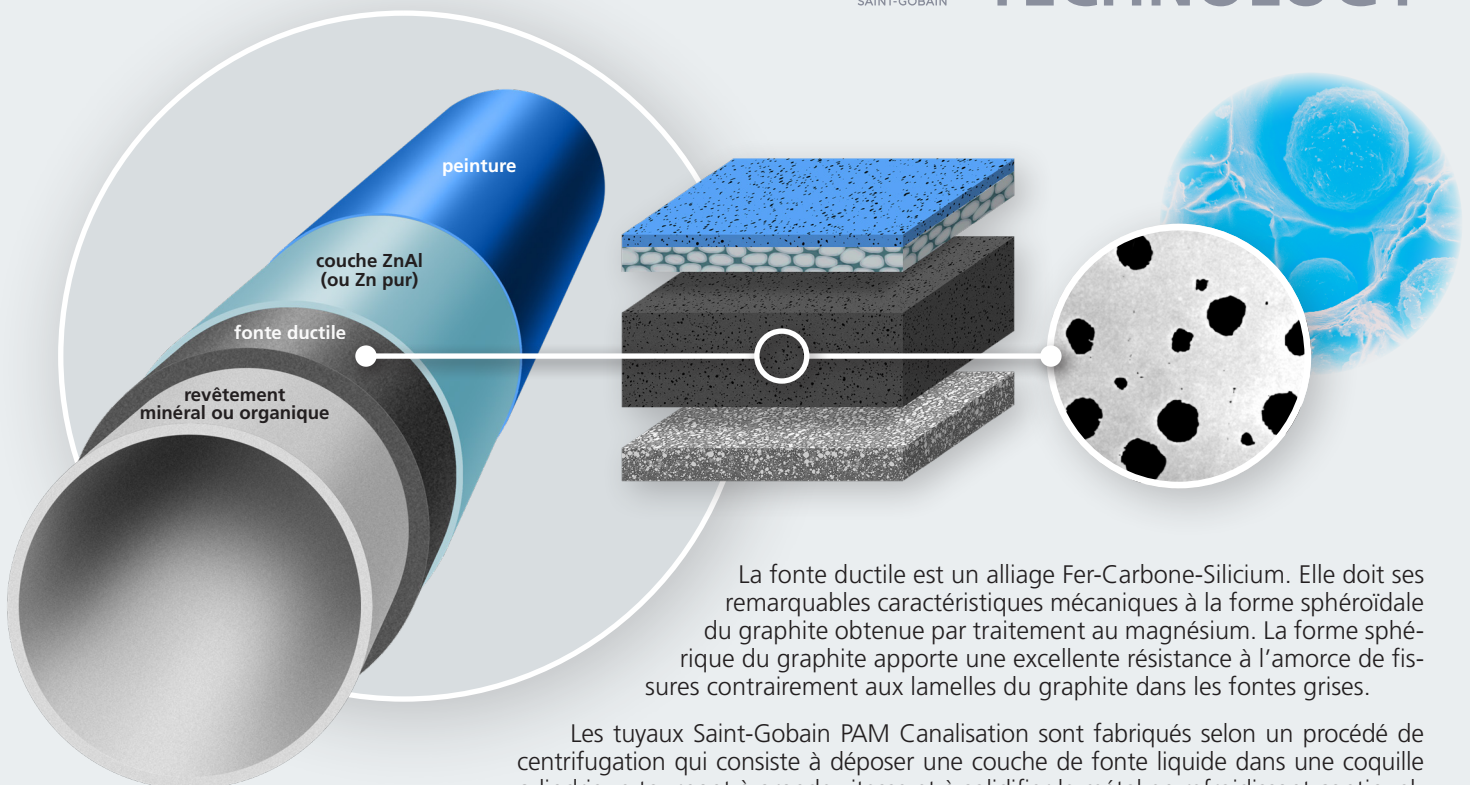
La structure de la fonte ductile présente une importante capacité de déformation élastique et une forte résistance à l'amorce de fissure : il en résulte une excellente résistance au choc.

Les tuyaux en fonte sont parfaitement adaptés aux conditions de transport sur longue distance (camion, train ou bateau), aux conditions de manutention sur chantiers et aux différents types de remblayage.



**PAM**  
SAINT-GOBAIN

**TECHNOLOGY**



La fonte ductile est un alliage Fer-Carbone-Silicium. Elle doit ses remarquables caractéristiques mécaniques à la forme sphéroïdale du graphite obtenue par traitement au magnésium. La forme sphérique du graphite apporte une excellente résistance à l'amorce de fissures contrairement aux lamelles du graphite dans les fontes grises.

Les tuyaux Saint-Gobain PAM Canalisation sont fabriqués selon un procédé de centrifugation qui consiste à déposer une couche de fonte liquide dans une coquille cylindrique tournant à grande vitesse et à solidifier le métal en refroidissant continuellement la coquille.

Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" de la fonte ductile Saint-Gobain PAM Canalisation.



## 3.2 MAÎTRISER L'EAU ET L'ABRASION



# LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS MINÉRAUX OU ORGANIQUES

3.2.1

## UNE OFFRE GRADUELLE DE PROTECTIONS

Les revêtements de la gamme MINERAL sont adaptés aux conditions d'abrasivité et de salinité des eaux et boues généralement rencontrées dans les exploitations minières. Ils sont répertoriés dans 3 classes de performance, appelées « grades » et leurs désignations commencent par la lettre M, comme présenté dans le tableau ci-dessous :

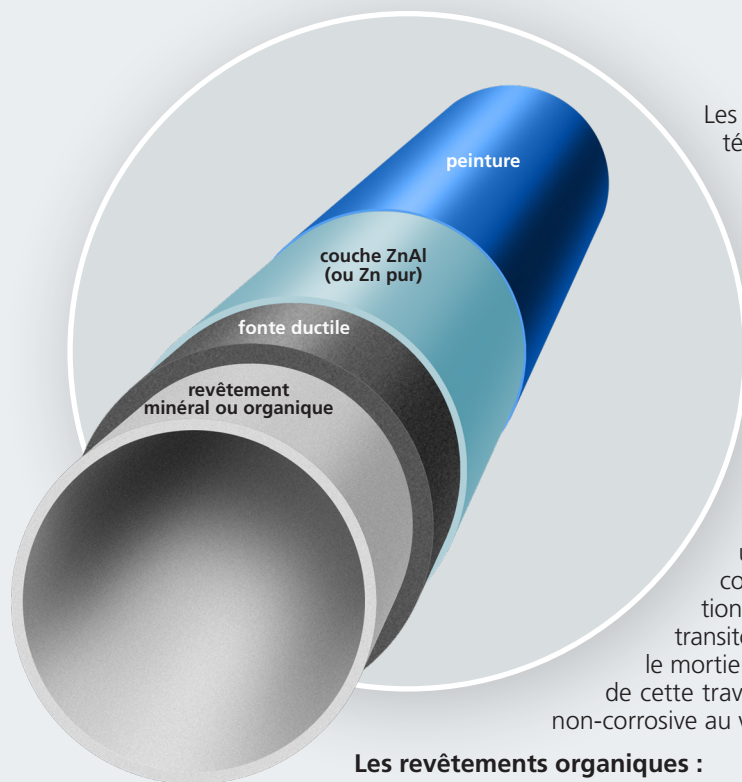
	ABRASION	FLUIDES	REVÊTEMENTS INTERNES			BAGUE D'ÉCOULEMENT
			GRADE 100	GRADE 200	GRADE 300	
EAUX	PAS D'ABRASION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eaux potables</li> <li>Eaux brutes</li> <li>Eaux salées et saumures</li> <li>Eau douce après désalinisation</li> </ul>	M100			NON
			M110			
M150						
M160						
BOUES	ABRASION FAIBLE ET MOYENNE	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eaux recyclées</li> <li>Eaux usées, assainissement</li> <li>Boues de rejets</li> <li>Concentrés de minerais</li> </ul>		M200		OUI
			M210			
	FORTE ABRASION	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boues de rejets</li> <li>Concentrés de minerais</li> </ul>			M350*	OUI

\*en développement

Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur l'abrasivité des eaux chargées et des boues.

## PAM TECHNOLOGY

SAINT-GOBAIN



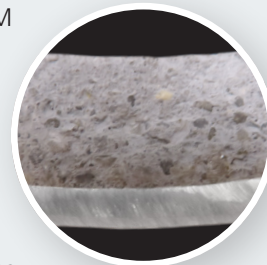
Les revêtements de la gamme MINERAL sont élaborés avec des matériaux minéraux ou organiques

### Les revêtements minéraux :

Il s'agit principalement de mortiers de ciments. Leur sélection rigoureuse permet d'avoir une réponse graduelle adaptée aux différents niveaux d'abrasion tout en couvrant une large gamme de pH (4 à 12 à 20 °C).

Tous les mortiers Saint-Gobain PAM Canalisation sont appliqués par centrifugation à grande vitesse sous vibration. Ce procédé produit une couche adhérente à la paroi en fonte, compacte et dont on contrôle la structure. Il en résulte une excellente hydraulité, un très bon comportement en flexion et en ovalisation, une parfaite résistance aux dépressions transitoires. Dans un tuyau rempli d'eau, l'eau imbibe

le mortier de ciment et traverse son épaisseur jusqu'à la fonte. Aux cours de cette traversée, l'eau s'est enrichie en éléments alcalins qui l'ont rendue non-corrosive au voisinage de la paroi en fonte.



### Les revêtements organiques :

Ils sont proposés pour les cas extrêmes où se combinent attaques chimiques et très haute érosion due aux perturbations de l'écoulement. Ils ont fait l'objet de tests précis et sévères dans le centre de recherche de Saint-Gobain PAM Canalisation et sont appliqués par projection ou par centrifugation dans les tuyaux, par moulage dans les raccords.

Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur les revêtements intérieurs Saint-Gobain PAM Canalisation.



# 3.3

## SANS PROTECTION CATHODIQUE



# LE REVÊTEMENT EXTÉRIEUR

## ZINC PUR OU ZINALIUM®

### 3.3.1 PROTECTION LONGUE DURÉE

Les tuyaux MINERAL sont disponibles avec un revêtement à base de Zinc constitué de 2 couches :

1. Une couche métallique (Zinc pur ou alliage de Zinc-Aluminium 85-15) d'au moins 400g/m<sup>2</sup>,
2. Une couche de peinture synthétique (semi-perméable), d'une épaisseur minimale de 100 microns

Ces revêtements sont conformes aux normes EN545 et ISO8179.

Contrairement aux tubes métalliques soudés et électriquement continus, la protection cathodique n'est pas nécessaire sur les canalisations en fonte ductile ainsi protégées.

### 3.3.2 À L'ÉPREUVE DES CHANTIERS

Parfaitement adhérent à la surface de la fonte, le revêtement à base de zinc métallique est malléable et déformable, et absorbe les chocs de transport ou de chantier sans casser.

Les emboîtures et bout-unis des tuyaux sont protégés en usine, de sorte qu'après l'assemblage des joints, aucune reprise de revêtement ne soit nécessaire sur chantier.

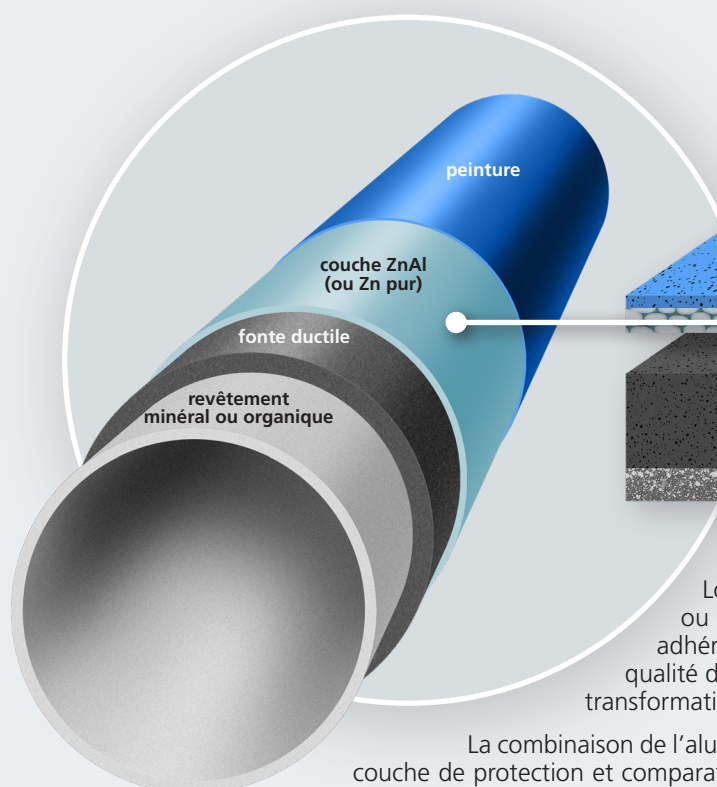
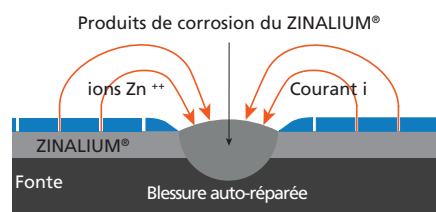
### 3.3.3 POUR SOLS CORROSIFS

Les domaines d'emploi des revêtements à base de zinc sont définis dans la norme européenne EN545: 2010 (annexe D.2.2.). Les équipes de Saint-Gobain PAM Canalisation réalisent les études de sols sur demande. Des revêtements spécifiques sont disponibles pour les cas de corrosivités extrêmes.

*Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur les domaines d'emploi dans les sols.*

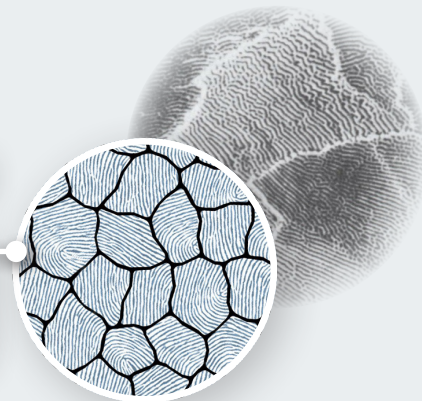
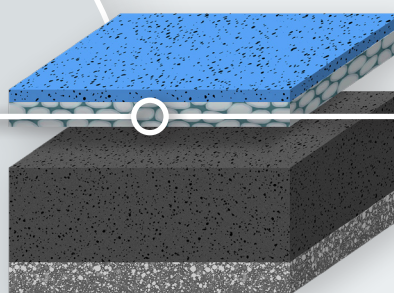
### 3.3.4 AUTO-RÉPARABLE

Un revêtement à base de zinc (zinc pur ou Zinalium®) restaure la continuité de la couche de protection aux points ayant subi des dommages limités, par effet galvanique entre la fonte mise à nue et le zinc aux abords de la blessure (chocs de transport, raclages de remblayage).



## PAM TECHNOLOGY

SAINT-GOBAIN



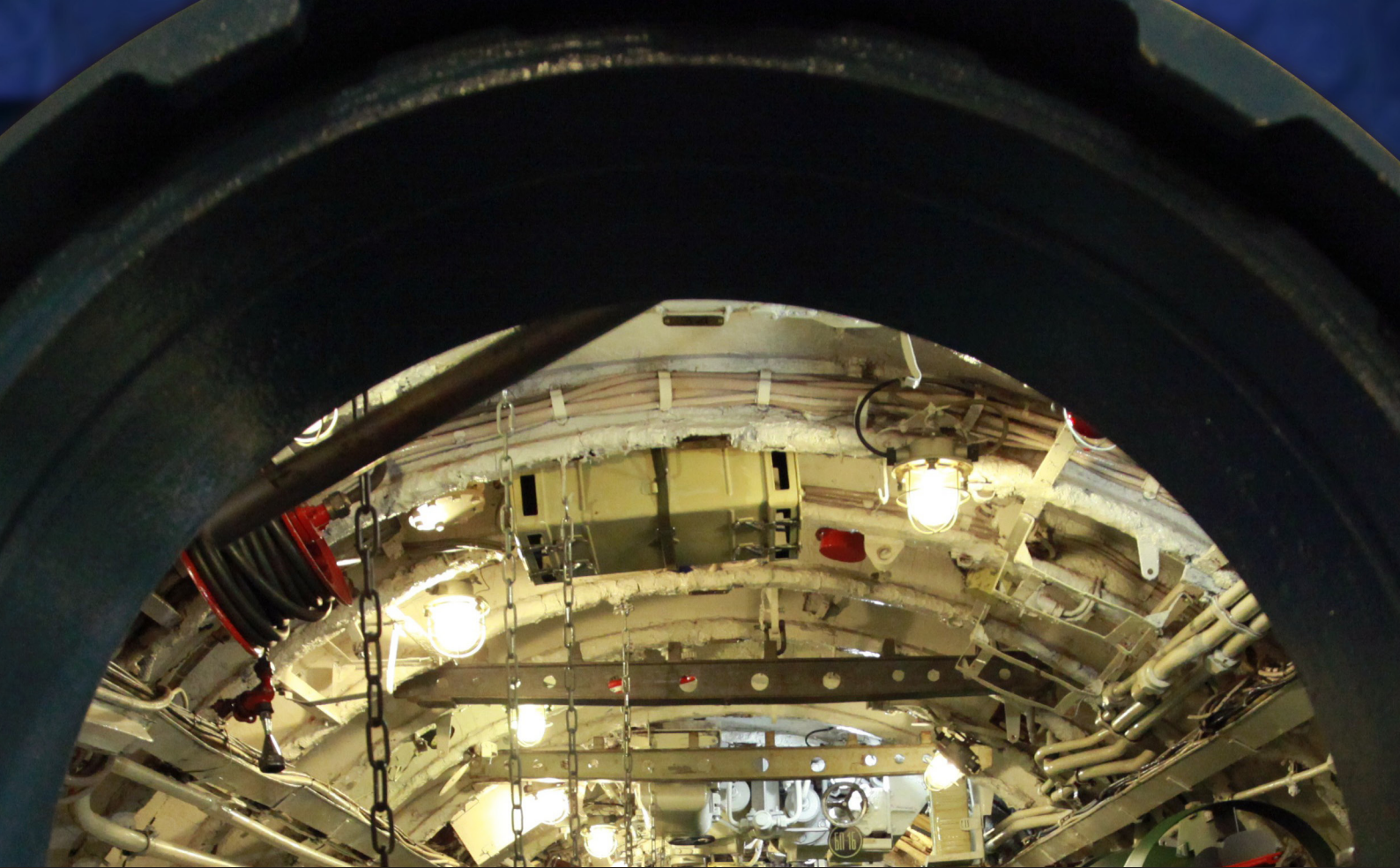
ZnAl

Les revêtements à base de zinc sont dits **actifs** :

Lorsqu'elle est en contact avec le sol, la couche métallique (zinc pur ou alliage ZnAl) se transforme en une couche d'hydroxydes de zinc, adhérente et stable, qui protège toute la surface du tuyau enterré. La qualité de cette couche de protection globale est d'autant meilleure que la transformation du zinc en hydroxydes de zinc se fait lentement.

La combinaison de l'aluminium et du zinc renforce considérablement la résistance de cette couche de protection et comparativement au zinc pur, Zinalium® étend le domaine d'emploi (ou la durée de vie) dans les sols très corrosifs. Ainsi, dans Zinalium® (voir figure ci-dessus) :

- la couche de peinture semi-perméable limite, sans les interdire, les échanges avec le sol humide environnant ;
- l'alliage ZnAl 85-15 « emprisonne » la phase riche en zinc dans un squelette d'aluminium, ce qui ralentit la transformation du zinc en hydroxydes de zinc et les confine au cœur de la couche métallique.

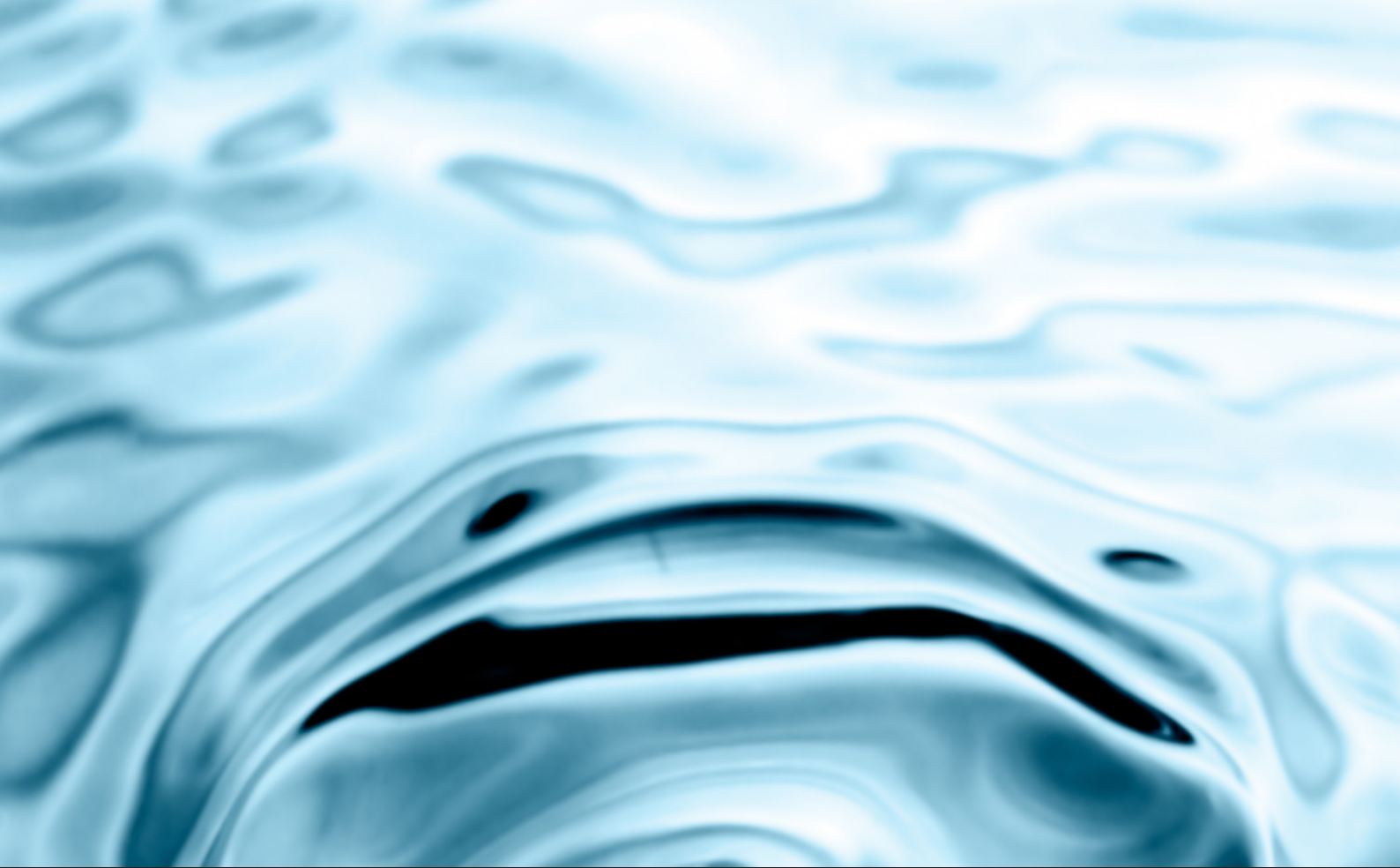


**3.4**

**PLUS IL Y A DE PRESSION,  
PLUS C'EST ÉTANCHE**



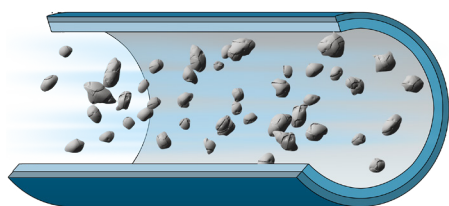




# 3.5 L'ÉCOULEMENT CONTINU



# LA BAGUE D'ÉCOULEMENT



3.5.1

## UN DISPOSITIF ANTI-TURBULENCE

La bague d'écoulement permet de réguler l'écoulement au niveau de l'assemblage et dans son prolongement immédiat suivant le sens d'écoulement. Les phénomènes d'abrasion sont donc considérablement réduits dans ces zones.

3.5.2

## UNE EFFICACITÉ BREVETÉE

La bague d'écoulement a été mise au point au centre de recherches de Saint-Gobain PAM Canalisation et a fait l'objet d'un brevet international.

Elle est le fruit d'une étude des phénomènes hydrauliques au droit et en aval de l'emboîture, de la position des éléments de canalisation (alignés, déviés, désaxés...), et également de l'analyse du comportement de plusieurs élastomères soumis à l'abrasion.

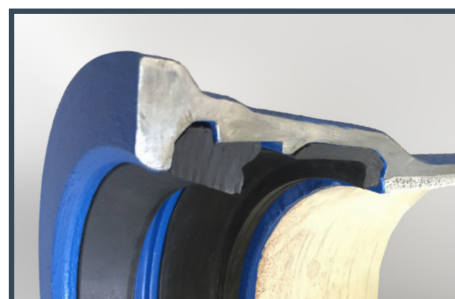
Parallèlement, les essais ont été réalisés à grande vitesse d'écoulement sur la boucle d'abrasion du Centre de Compétence Saint-Gobain PAM Canalisation et in situ dans des exploitations minières.

3.5.3

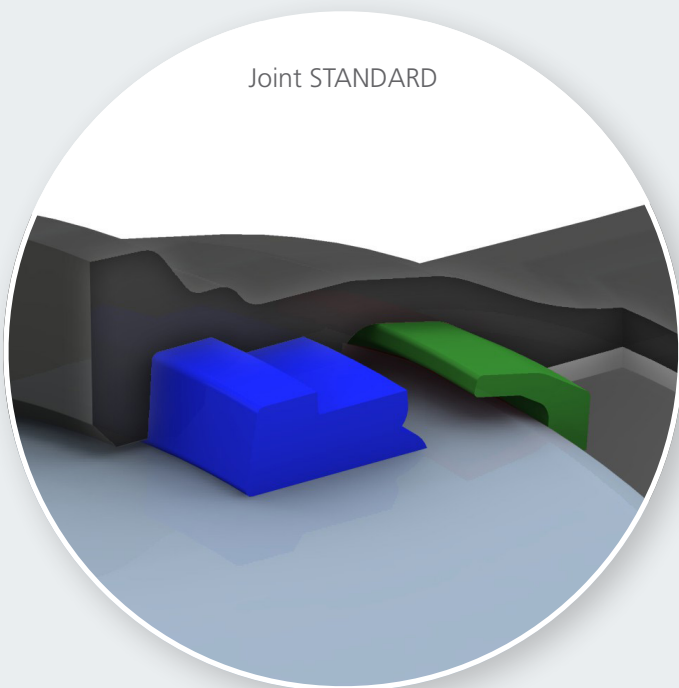
## UNE INSTALLATION RAPIDE

La bague d'écoulement est adaptée aux joints STD, STD Vi et STD Ve. Elle ne modifie ni la facilité de pose des joints, ni les forces à l'emboîtement, ni la capacité de déviation angulaire.

Elle sert également d'amortisseur lors de l'emboîtement en cas de manque de contrôle de l'effort d'emboîtement.

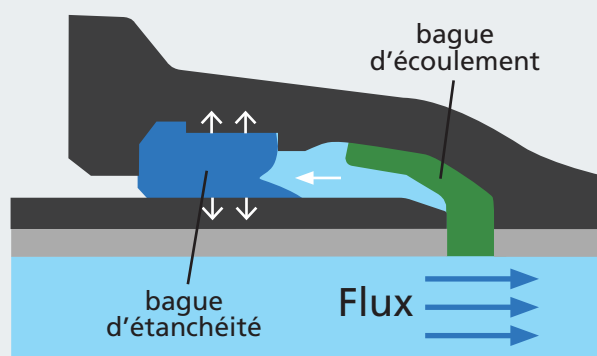


Joint STANDARD



**PAM**  
SAINT-GOBAIN

**TECHNOLOGY**



*Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur les principaux paramètres jouant un rôle dans l'érosion.*

Les fluides hydrauliques abrasifs attaquent préférentiellement les parois dans les zones de turbulences (lorsqu'ils sont stables et homogènes), ou en section basse (lorsqu'ils sont sensibles à la décantation à faible vitesse). La bague d'écoulement est un composant en élastomère logé en fond d'emboîture. Sa conception assure son parfait maintien et contribue à l'amélioration de la continuité du revêtement lors du passage d'un tuyau à l'autre.



# 3.6 VERROUILLER C'EST MIEUX QUE SOUDER



# LA BAGUE DE VERROUILLAGE

3.6.1

## UN VERROUILLAGE POUR CHAQUE CONFIGURATION

Le « verrouillage » des joints permet de reprendre les forces hydrauliques axiales tout en conservant leur capacité de déviation angulaire. Il dispense de la construction de butées en béton, encombrantes ou onéreuses sur les grands DN.

Saint-Gobain PAM Canalisation propose plusieurs techniques de verrouillage, adapté aux différents DN et pressions de service :

- Le verrouillage avec inserts métallique logés dans la bague d'étanchéité (sans cordon de soudure) est plutôt réservé aux forces axiales réduites (cas des petits DN ou moyens DN en basse pression)
- Le verrouillage avec bague + cordon de soudure supporte des forces axiales élevées (cas des grands DN ou des petits DN en forte pression).

3.6.2

## PROGRESSION RAPIDE

Le verrouillage permet de réaliser l'essai final de pression sur site au plus vite après la pose des tuyaux. Il est particulièrement commode pour réduire les dérangements provoqués par le chantier de pose dans les zones d'exploitation.

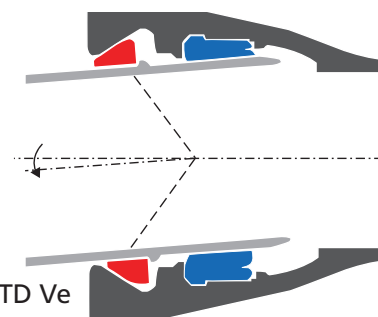
Comparativement aux procédés de soudage (sur tuyaux en PE ou en acier) le verrouillage des tuyaux en fonte ductile dispense l'entrepreneur de faire appel à du personnel certifié et d'immobiliser des équipements et sources d'énergie électriques spécialisés.

3.6.3

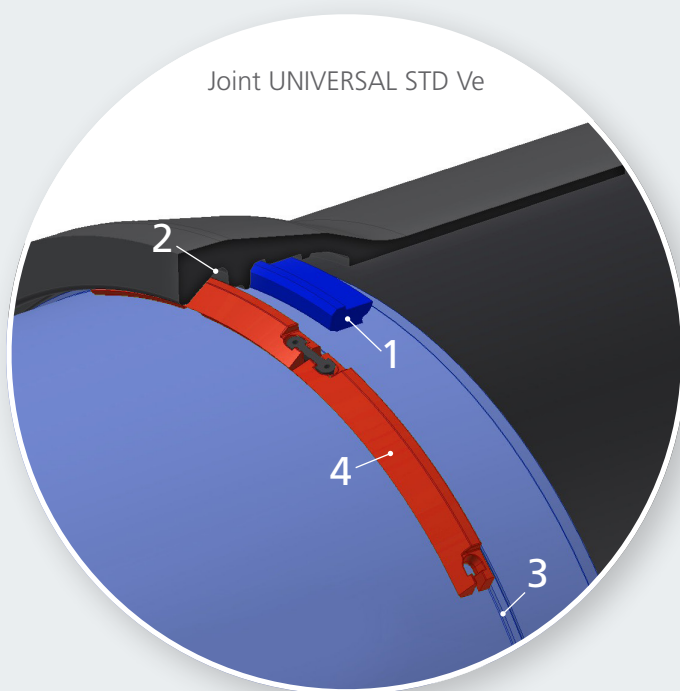
## HAUTE RÉSISTANCE À LA TRACTION

Une haute résistance à la traction sans renoncer à la déviation angulaire!

Le verrouillage est une solution simple et facile dans de nombreux cas : tirage en fourreau sous chaussée, forage dirigé sans tranchée, installation en forte pente (cas des micro-centrales hydroélectriques en montagne), sécurisation en terrains instables, tirage flottant avant immersion de la canalisation...



Joint UNI STD Ve

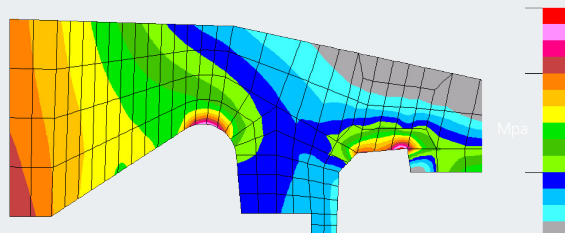


Joint UNIVERSAL STD Ve

**PAM** TECHNOLOGY  
SAINT-GOBAIN

Il existe plusieurs techniques de verrouillage : STANDARD Vi ou Ve, UNIVERSAL STD Vi ou Ve et PK.

MODÉLISATION PAR ÉLÉMENTS FINIS



Dans le verrouillage UNI STD Ve (ci-contre), l'étanchéité est assurée par une bague de joint STANDARD (1). Les efforts hydrauliques axiaux sont repris par un dispositif qui comprend :

- une emboîture UNIVERSAL à double chambre (2),
- un cordon de soudure (3) réalisé en usine et situé sur le bout-uni du tuyau,
- un jonc de verrouillage (4) monobloc à profil extérieur sphérique, qui prend appui sur le cordon de soudure.

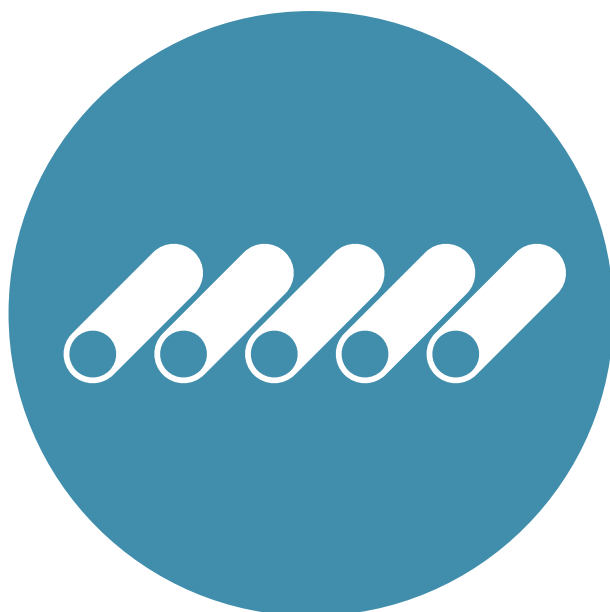
Les verrouillages de Saint-Gobain PAM Canalisation sont conçus en utilisant des calculs aux éléments finis, complétés par des essais de comportement en conditions les plus extrêmes. Ils supportent la déviation angulaire et l'ovalisation du tuyau sans aucune réduction de leurs capacités de résistance axiale.

Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" sur les performances des joints et le choix des verrouillages.



# 4

## LA GAMME MINERAL



- 4 LA GAMME MINERAL**
- 4.1 TUYAUX DN 100 À 2000
- 4.2 RACCORDS
- 4.3 JOINTS

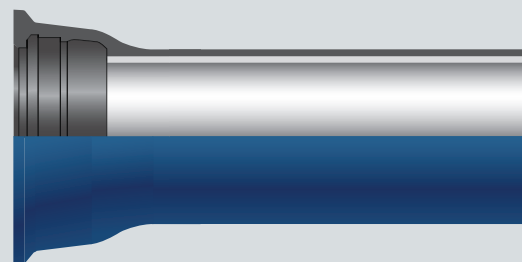
# 4.1 TUYAUX ET JONCTIONS



LES VIDÉOS DE MONTAGE

CHOIX DES VERROUILLAGES

Plus d'infos au chapitre "caractéristiques techniques" .



## Protections :

 revêtement intérieur : grade à sélectionner selon le niveau d'abrasivité du fluide. Plus d'infos au § 3.2.1

 revêtement extérieur : à base de zinc pur ou d'alliage ZnAl

## Autres classes de tuyaux disponibles :

- C25 du DN 350 à 600 sur demande
- C20 du DN 700 à 2000 sur demande
- Toutes classes supérieures sur consultation





PFA : Pression de Fonctionnement Admissible au sens EN 545 et ISO 2531

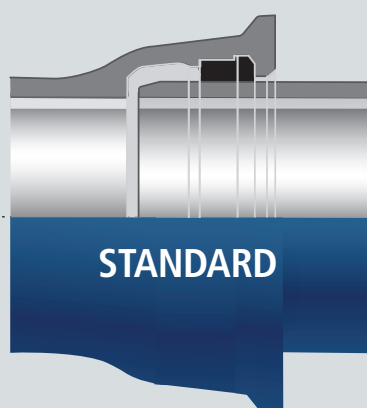
STD : joint standard  
 STD Vi : joint standard Vi  
 STD Ve : joint standard Ve  
 UNI STD Vi : joint UNIVERSAL std Vi  
 UNI STD Ve : joint UNIVERSAL std Ve  
 PK : joint PAMLOCK

(1) : longueur unitaire

(2) : Masse calculée avec emboîture STD

(3) : En développement

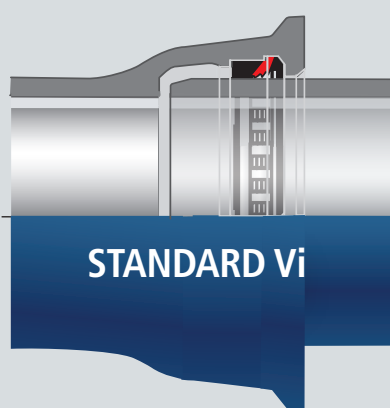
DN		Revêtements	
		Intérieur	Extérieur
		Grade	
100	3.94	100 200 300 <sup>(3)</sup>	
150	5.90		
200	7.87		
250	9.84		
300	11.81		
350	13.78	100 200 300 <sup>(3)</sup>	
400	15.75		
450	17.72		
500	19.68		
600	23.62		
700	27.56	100 200 300 <sup>(3)</sup>	
800	31.50		
900	35.43		
1000	39.37		
1100	43.31		
1200	47.24	100 200 300 <sup>(3)</sup>	
1400	55.12		
1500	59.05		
1600	62.99		
1800	70.87		
2000	78.74		



**STANDARD**

**DN 100-2000**

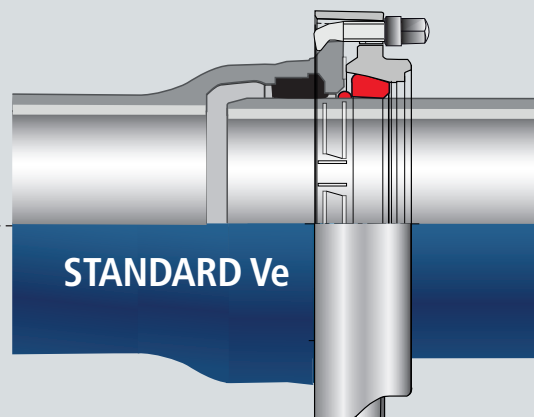
Auto-étanche,  
non verrouillé  
RAPIDE POUR TOUS DN !



**STANDARD Vi**

**DN 100-600**

Bague d'étanchéité munie  
d'inserts de verrouillage  
MONTAGE DERNIÈRE MINUTE !

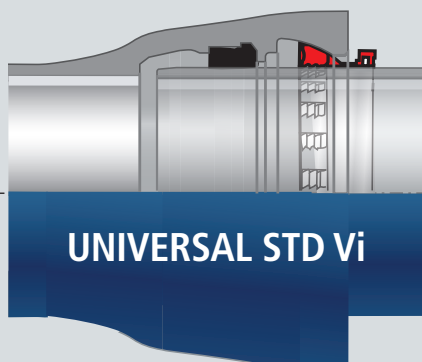


**STANDARD Ve**

**DN 350-1200**

Verrouillage avec bague en butée sur cordon de soudure maintenue par une contre bride rapportée  
POUR JOINT STANDARD AVEC COLLERETTE !

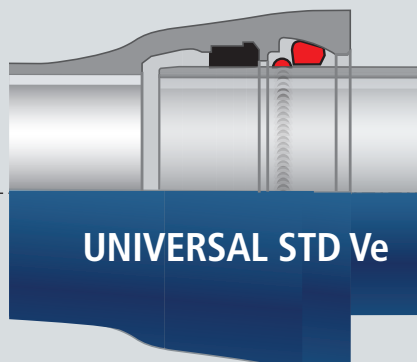
MINERAL®		Tuyaux		Joint				Tuyaux		Joint				
DN mm	Lu (1) m	Classe d'épaisseur	Masse (2) kg/m	STD PFA bar	STD Vi PFA bar	STD Ve PFA bar	PK PFA bar	Classe d'épaisseur	Masse (2) kg/m	STD PFA bar	STD Vi PFA bar	UNI STD Vi PFA bar	STD Ve PFA bar	UNI STD Ve PFA bar
100	6,00	C40	14,9	40	16			C100	17,3	100	56	56	64	64
150	6,00	C40	22,2	40	16			C64	25,7	64	25	48	55	60
200	6,00	C40	30,2	40	16			C64	33,5	64	56	43	46	52
250	6,00	C40	42,2	40	16			C50	47,4	50	20	39	35	46
300	6,00	C40	55,6	40	16	30*		C50	63,9	50	20	34	37	41
350	6,00	C30	68,8	30	16	27*		C40	74,5	40	20	25	30	38
400	6,00	C30	79,4	30	16	25		C40	91,3	40	20	20	30	35
450	6,00	C30	93,8	30	13*	23		C40	111,3	40	20	16	30	32
500	6,00	C30	111,2	30	11	22		C40	131,7	40	18	16	30	30
600	6,00	C30	150,6	30	10	20		C40	180,6	40	16	16	27	30
700	7,00	C25	186,2	25	10	20		C30	203,8	30			16-22	27*
800	7,00	C25	229,0	25		16-20		C30	256,3	30			16-23	25*
900	7,00	C25	276,2	25		16-20		C30	310,9	30			16-24	25*
1000	7,00	C25	330,6	25		16-20		C30	371,4	30			16-25	25*
1100	8,19	C25	395,4	25		16-20		C30	447,6	30			16-25	
1200	8,19	C25	461,3	25		16-20		C30	521,0	30			16-25	25*
1400	8,17	C25	634,3	25			25*							
1500	8,16	C25	720,3	25			25*							
1600	8,16	C25	807,5	25			25*							
1800	8,15	C25	995,1	25			16*							
2000	8,13	C25	1210,0	25			16*							



**UNIVERSAL STD Vi**

**DN 400-600**

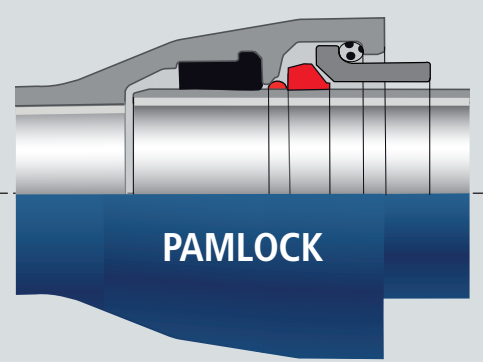
Verrouillage avec bague à inserts logée dans une chambre attenante à la chambre d'étanchéité  
**SANS CORDON DE SOUDURE !**



**UNIVERSAL STD Ve**

**DN 400-1400**

Verrouillage avec bague et cordon de soudure logés dans une chambre attenante à la chambre d'étanchéité  
**FORTE PRESSION, SANS BOULON !**



**PAMLOCK**

**DN 1400-2000**

Verrouillage avec conformateur, bague et cordon de soudure logés dans une chambre attenante à la chambre d'étanchéité  
**FORTE PRESSION EN GRANDS DN !**



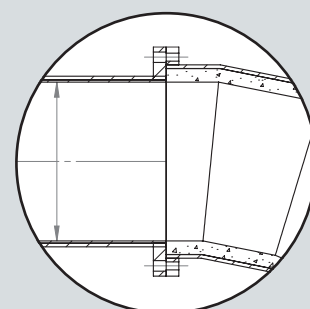
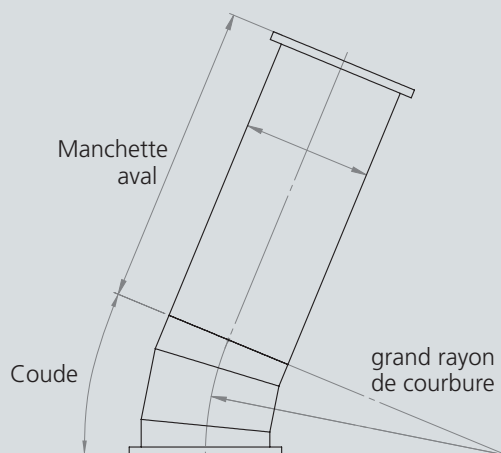


## 4.2 RACCORDS

## SPÉCIAUX

Raccords sur mesure,  
très haute résistance  
à l'érosion

DN	Revêtements		PN
	Intérieur Grade	Extérieur	
100 à 1600	200 et 300		10 à 64



surépaisseur de revêtement  
parfaitement ajustée

## 4.3 JOINTS

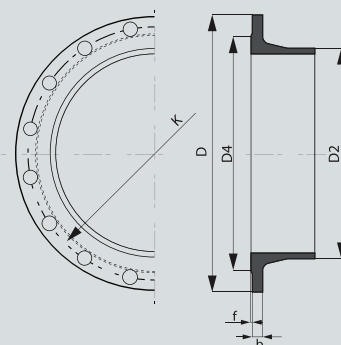
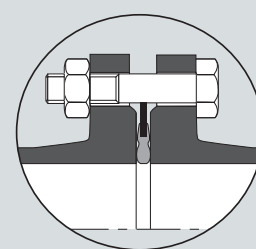
## À BRIDES

DN mm	PN10							PN 16				PN 25			
	D mm	D2 mm	D4 mm	K mm	b mm	f mm	D4 mm	K mm	b mm	f mm	D4 mm	K mm	b mm	f mm	
80	200	98	132	160	16	3	132	160	16	3	132	160	16	3	
100	220	118	156	180	16	3	156	180	16	3	156	190	16	3	
125	250	144	184	210	16	3	184	210	16	3	184	220	16	3	
150	285	170	211	240	16	3	211	240	16	3	211	250	17	3	
200	340	222	266	295	17	3	266	295	17	3	274	310	19	3	
250	400	274	319	350	19	3	319	355	19	3	330	370	21,5	3	
300	455	326	370	400	20,5	4	370	410	20,5	4	389	430	23,5	4	
350	505	378	429	460	20,5	4	429	470	22,5	4	448	490	26	4	
400	565	429	480	515	20,5	4	480	525	24	4	503	550	28	4	
450	615	480	530	565	21,5	4	548	585	26	4	548	600	30,5	4	
500	670	532	582	620	22,5	4	609	650	27,5	4	609	660	32,5	4	
600	780	635	682	725	25	4	720	770	31	4	720	770	37	4	
700	895	738	794	840	27,5	5	794	840	34,5	5					
800	1015	842	901	950	30	5	901	950	38	5					
900	1115	945	1001	1050	32,5	5	1001	1050	41,5	5					
1000	1230	1048	1112	1160	35	5	1112	1170	45	5					
1100	1340	1152	1218	1270	37,5	5	1218	1270	48,5	5					
1200	1455	1255	1328	1380	40	5	1328	1390	52	5					
1400	1675	1462	1530	1590	41	5	1530	1590	55	5					
1500	1785	1565	1640	1700	42,5	5	1640	1710	57,5	5					
1600	1915	1668	1750	1820	44	5	1750	1820	60	5					
1800	2115	1875	1950	2020	47	5									
2000	2325	2082	2150	2230	50	5									

Nous consulter

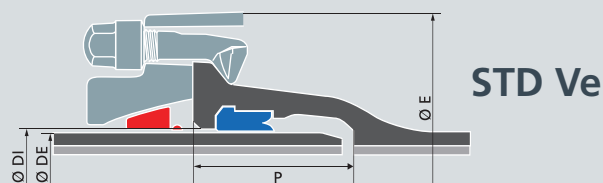
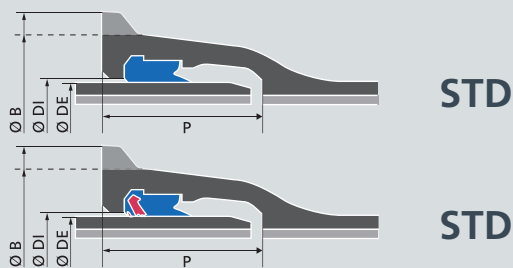
Nous consulter

PN 40 : nous consulter



# 4.3 JOINTS

# À EMBOÎTURES

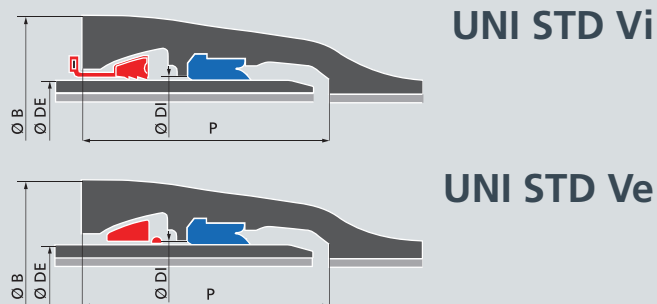


DN mm	Ø DE mm	Ø DI mm	P mm	Ø B mm
100	118	121	94,5	170
150	170	173	100,5	224
200	222	225	106,5	277
250	274	277	105,5	334
300	326	329	107,5	393
350	378	381	110,5	464
400	429	432	112,5	516
450	480	483	115,5	574,2
500	532	535	117,5	629
600	635	638	132,5	738,5
700	738	741	192	863
800	842	845	197	974
900	945	948	200	1082
1000	1048	1051	203	1191
1100	1152	1155	225	1300
1200	1255	1258	235	1412
1400	1462	1465	245	1592
1500	1565	1568	265	1710
1600	1668	1671	265	1816
1800	1875	1878	275	2032
2000	2082	2085	290	2259

\*

\* joint STD Vi non disponible pour ces DN

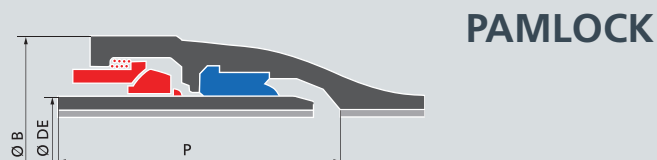
DN mm	Ø DE mm	Ø DI mm	P mm	Ø E mm
350	378	381	110,5	570
400	429	432	112,5	618
450	478,6	483	115,5	671
500	532	535	117,5	734
600	635	638	132,5	840
700	738	741	192	958
800	842	845	197	1100
900	945	948	200	1218
1000	1048	1051	203	1306
1100	1152	1155	225	1417
1200	1255	1258	235	1547



\*\*

DN mm	Ø DE mm	Ø DI mm	P mm	Ø B mm
400	427,4	431,9	176	510
450	478,6	483,0	190	570
500	530,5	535,0	200	625
600	633,3	638,2	209	740
700	736,6	741,7	250	855
800	840,4	845,8	261	980
900	943,2	948,9	280	1087
1000	1046,0	1052,0	279	1191
1200	1252,3	1260,0	279	1415
1400	1458,9	1468,5	330	1640

\*\* joint UNI STD Vi non disponible pour ces DN



DN mm	Ø DE mm	Ø DI mm	P mm	Ø B mm
1400	1458,9	1467,9	300	1620,1
1500	1561,7	1571,1	315	1757,3
1600	1664,5	1674,2	325	1868,0
1800	1871,6	1881,5	350	2075,3
2000	2077,7	2088,8	394	2307,0

# 5

## LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES



### 5 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

- 5.1 NORMES ET CERTIFICATS
- 5.2 LA FONTE DUCTILE PAM
- 5.3 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PAM
- 5.4 LES JOINTS PAM
- 5.5 LES REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS PAM
- 5.6 EXEMPLES TCO-LCA

## 5.1 NORMES ET CERTIFICATS

Les composants de la gamme MINERAL® sont conformes aux exigences des normes mentionnées ci-dessous à l'exception des revêtements intérieurs destinés aux fluides abrasifs qui font l'objet de spécifications internes à Saint-Gobain PAM Canalisation.

Les certificats de conformité sont fournis sur demande.

<b>Normes Environnement et Qualité :</b>	<b>Normes EN</b>	<b>Normes ISO</b>
Systèmes de management environnemental	EN ISO 14001	ISO 14001
Systèmes de management de la qualité	EN ISO 9001	ISO 9001
Alimentation en eau - Exigences pour les réseaux extérieurs aux bâtiments	EN 805	
<b>Normes Produits :</b>	<b>EN</b>	<b>ISO</b>
Spécifications techniques des canalisations en fonte ductile	EN 545, EN 598	ISO 2531, ISO 7186
Revêtement extérieur au zinc	EN 545	ISO 8179
Revêtement époxy renforcé des raccords	EN 14901	
Revêtement polyuréthane des raccords	EN 15655	
Manche Polyéthylène	EN 545	ISO 8180
Bagues de joint. Spécifications des matériaux	EN 681.1	ISO 4633
Dimensions des brides	EN 1092 - 2	ISO 7005 - 2
<b>Normes de mise en œuvre :</b>	<b>EN</b>	<b>ISO</b>
Méthodes de calculs de pose des canalisations enterrées	EN 545	ISO 10803
Essai de mise en pression sur site	EN 805	ISO 10802
<b>Certificats de conformité aux normes :</b>	<b>Établi par :</b>	
Conformité à la norme ISO 14001	Veritas	
Conformité à la norme ISO 9001	Veritas	
Conformité à la norme 8179	Veritas	
Conformité à la norme 14901	Veritas	
Conformité à la norme 681-1	Veritas	
<b>Certificats de performance des assemblages :</b>	<b>Établi par :</b>	
Essai de type EN 545 sur joint STD	Veritas	
Essai de type EN 545 sur joint STD Vi	Veritas	
Essai de type EN 545 sur joint STD Ve	Veritas	
Essai de type EN 545 sur joint UNI STD Ve	Veritas	
Essai de type EN 545 sur joint UNI STD Vi	Veritas	

## 5.2 LA FONTE DUCTILE PAM

### ■ CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

Limite élastique (*), Rp 0,2	300 MPa
Résistance à la traction, Rm	420 MPa
Allongement à la rupture, A	10 % pour DN 60 à 1 000, 7 % pour DN 1 100 à 2 000
Module d'élasticité	1,7 x 10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
Coefficient d'expansion thermique	1,1 x 10 <sup>-2</sup> mm/m °C
Densité	7,05 g/cm <sup>3</sup>

(\*) 270 MPa lorsque A >= 12 % pour DN 40 à 1 000 ou A >= 10 % pour DN > 1 000

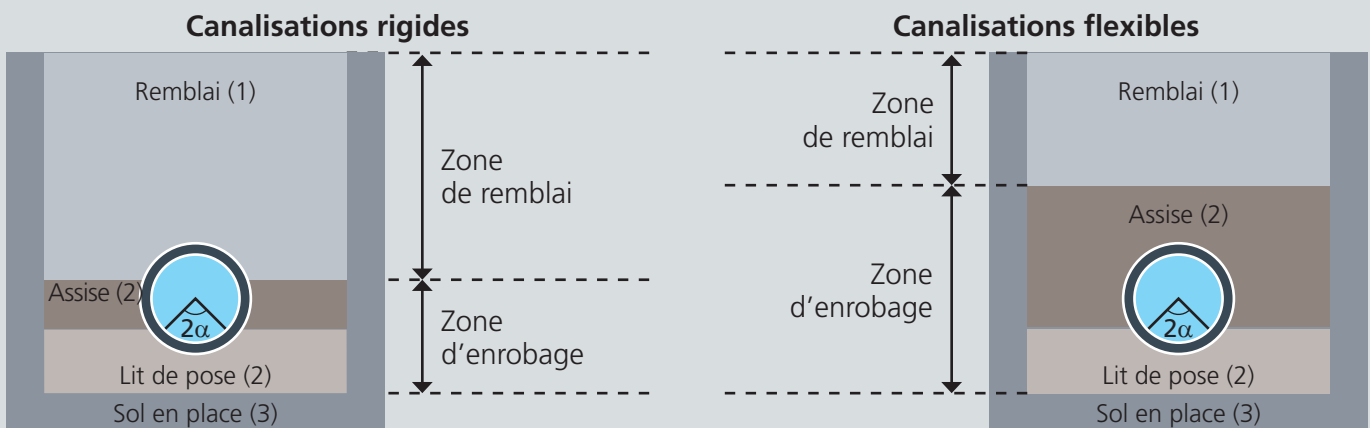
### ■ HAUTEURS DE COUVERTURE

Les hauteurs de couverture minimales et maximales dépendent des caractéristiques du tuyau et des conditions de pose en tranchée (nature des sols et remblai).

Elles ont été établies avec les hypothèses suivantes :

- critères de résistance et de déformation des tuyaux conformes à la norme EN 545 (contrainte en paroi et ovalisation verticale), sans risque de flambage des tuyaux
- modèle de calcul selon code de la norme EN 1295 B.2.5, "structural design of buried pipelines under various condition of loading", sans nappe phréatique

4 types de pose, correspondant à la pratique courante, ont été représentés. Dans tous les autres cas, consulter Saint-Gobain PAM Canalisation.

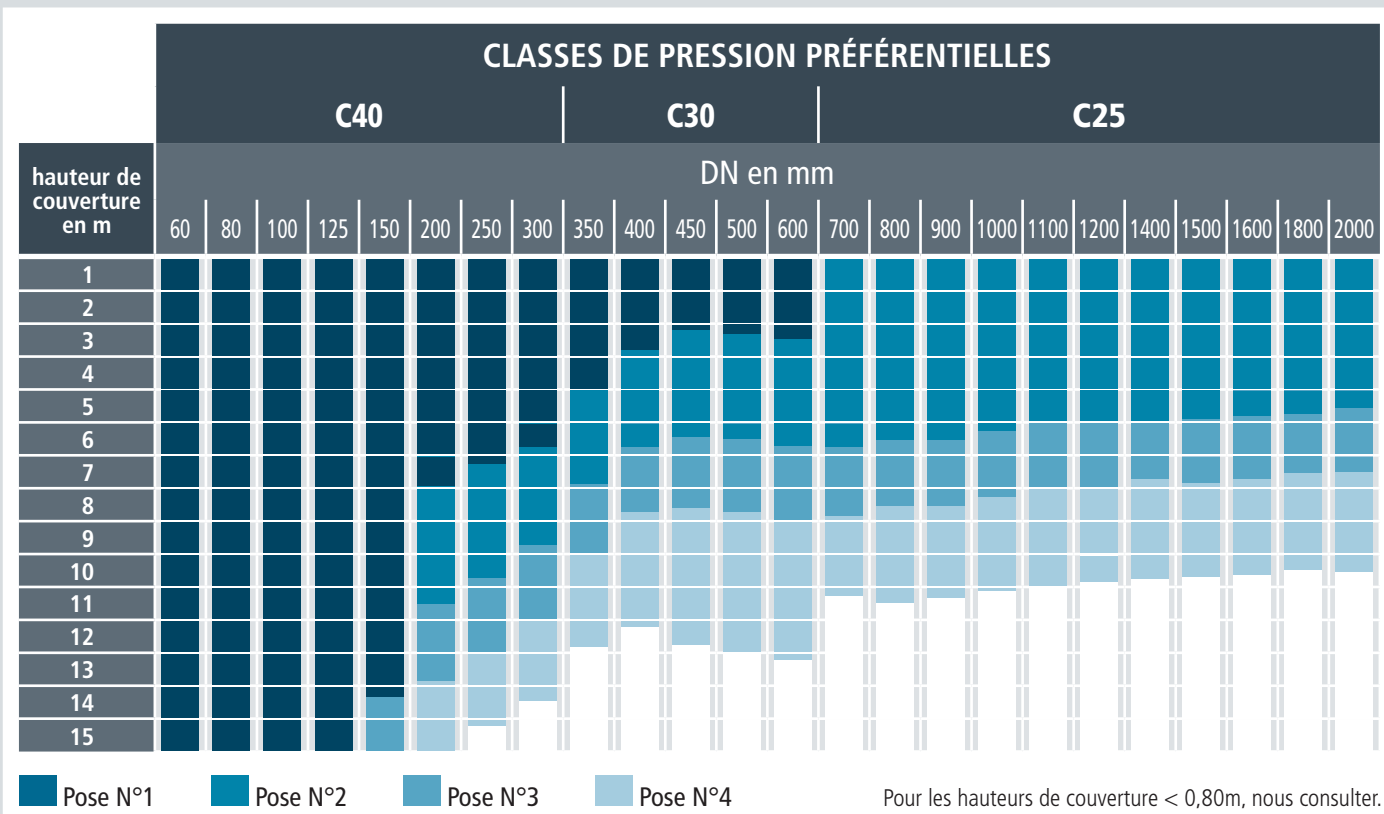


Groupe de sol	Description sommaire
1	Sables et graves propres ou légèrement silteux (éléments inférieurs à 50 mm)
2	Sables, graves, silteux ou moyennement argileux
3	Argiles à silex et à meulière. Eboulis. Moraines, roches altérées, alluvions grossières avec pourcentage de fines élevé
4	Limons, sables fins, arènes, argiles, marnes plus ou moins plastiques (Ip < 50)
5 a (*)	Argiles et marnes très plastiques (Ip > 50). Matériaux organiques, solubles ou polluants
5 b (**)	Roches évolutives : craie, grès, schistes... Sols composites (argiles à meulière et à silex, éboulis, moraines, roches altérées, alluvions grossières, avec éléments pouvant dépasser 250 mm. Graves propres, roches non évolutives avec éléments > 50 mm.

(\*) Ces matériaux ne sont utilisables ni dans la zone d'enrobage, ni dans la zone de remblai (1).

(\*\*) Ces matériaux non utilisables dans la zone d'enrobage peuvent parfois être utilisés dans la zone de remblai (1).

## Hauteurs maximales et minimales de couverture avec charge roulante



## Définition des quatre cas de pose

Type de pose	N°1	N°2	N°3	N°4
	DN ≤ 600	DN ≤ 600 à 2000	DN ≤ 1400	DN ≤ 600
			DN > 1400	DB > 600
Lit de pose (2)	Fond de fouille nivelé	Fond de fouille nivelé	Lit en matériaux sélectionnés	Lit en matériaux sélectionnés
Zone de remblai (2)				
• groupe de sol	4	3	2	1
• compactage	Non compacté	Compacté contrôlé	Compacté contrôlé	Compacté contrôlé
• Es (bar)	3	10	12	20
• 2α (°)	60	90	90	90
Choix des matériaux	Les matériaux d'enrobage utilisés (sélectionnés ou non) directement en contact avec la canalisation doivent être exempts d'éléments rocheux ou corrosifs.			

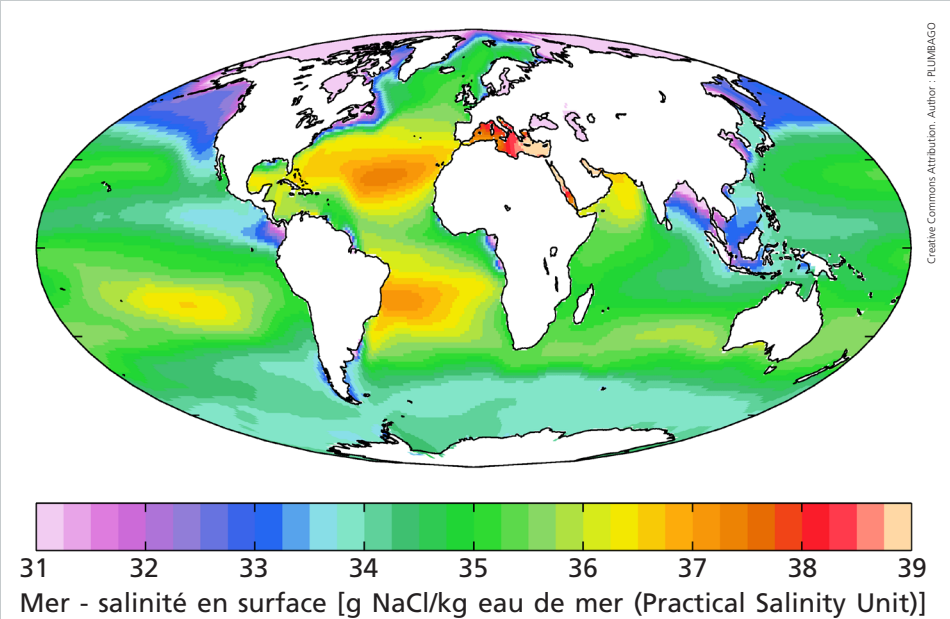
## 5.3 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PAM

Les systèmes de revêtements de la gamme MINERAL sont soit des mortiers élaborés à partir de ciments rigoureusement sélectionnés (sulfato-résistants, modifiés par un composant minéral ou polymérique...), soit des revêtements organiques à base de polyuréthane anti-usure. Ils sont sélectionnés par les experts de Saint-Gobain PAM Canalisation en fonction des performances attendues.

### ■ AGRESSIVITÉ DES EAUX BRUTES ET/OU SALÉES

L'agressivité d'une eau sur le revêtement est fonction des facteurs principaux suivants :

Paramètres	Influence
Conductivité	La conductivité d'une eau dépend de la salinité, de quelques dixièmes de $\mu\text{S}/\text{cm}$ (eau pure : $0.042 \mu\text{S}/\text{cm}$ ) à plusieurs milliers (eau saumâtre ou saumure $> 10^5 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). La conductivité gouverne les phénomènes de corrosion métallique, informe sur la compatibilité de l'eau avec les mortiers de ciment ou les revêtements organiques. Une attention particulière doit être apportée au phénomène de lixiviation des revêtements en fonction de leurs natures et des conditions de services de la canalisation.
pH	Le pH est un facteur important. Le fer se corrode rapidement pour des valeurs basses de pH mais est habituellement protégé pour les valeurs hautes. Les revêtements internes, minéraux et organiques, doivent être adaptés au pH pour assurer la protection du support métallique. Dans certains cas, le pH peut aussi affecter la formation ou la solubilité de films protecteurs. Pour des eaux de mer, le pH est aussi tributaire de la concentration en $\text{CO}_2$ dissous.
Minéralisation	Selon les minéralisations, plusieurs familles d'eaux peuvent être définies : déminéralisée, douce, moyennement douce, dure, très dure et salée Pour les matériaux cimentaires, il est essentiel de prendre en compte l'équilibre en carbonate de calcium de l'eau. La dureté totale et l'acidité totale mesurent l'agressivité de l'eau transportée vis à vis du revêtement. Le rôle de chlorures, de l'oxygène, des sulfates est déterminant sur la corrosion de métaux et des alliages et l'attaque de certains mortiers de ciment. À noter que les eaux de mer en surface sont généralement plus agressives que celles rencontrées en profondeur. Les analyses chimiques des eaux sont nécessaires pour déterminer, d'une part les effets sur la durabilité des revêtements au contact de l'eau, d'autre part l'évolution de la qualité de l'eau transportée qui peut s'opérer tout au long de la canalisation.
Température	Les effets de la température sont complexes et dépendent de la chimie de l'eau et des matériaux présents dans la canalisation. Il existe trois effets possibles sur les vitesses de corrosion liés à une augmentation de la température de l'eau : <ul style="list-style-type: none"> <li>• en premier, une augmentation des vitesses de réactions chimiques</li> <li>• en second, une diminution de la corrosion par précipitation de <math>\text{CaCO}_3</math> (film protecteur)</li> <li>• enfin, un complet changement de la nature de la corrosion (ex: obtention d'une corrosion uniforme ou d'un vieillissement des polymères du revêtement organique).</li> </ul>
Oxygène dissous	La concentration d'oxygène dissous est proche de la teneur à saturation d'équilibre avec l'oxygène atmosphérique au niveau de la surface de l'eau et pour une température donnée (6 ppm dans les Tropiques, 11 ppm dans l'Arctique...).
Polluants	$\text{H}_2\text{S}$ peut être élevé dans les eaux polluées (estuaires, ports...). L'ammoniac est parfois présente en quantité importante dans certaines eaux côtières et certains ports.

Paramètre	Influence
Salinité	<p>Concernant les eaux de mer, la température des eaux en surface dans les océans ouverts fluctue entre -2 et +35 °C en fonction de la latitude, des saisons, des courants...</p> <p>En haute mer, la salinité varie entre 32 et 36 ‰ (g.l-1) – voir la figure. . En complément, quelques valeurs indicatives de salinité pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mer Baltique 17‰</li> <li>• Mer méditerranée 38-40‰</li> <li>• Mer Rouge 43-45‰</li> <li>• Mer Morte 270‰.</li> </ul>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Creative Commons Attribution - Author : FLUMBAGO</p>
Aspects biologiques	<p>Certains micro-organismes influencent la corrosion : les bactéries formant des bio-films (boues visqueuses), les micro-algues poussant à partir des pores présents dans les matériaux et certains organismes vivants adhérant aux surfaces (barnacles, vers tubicoles, hydroïdes...).</p>

## ■ ABRASIVITÉ DES EAUX CHARGÉES ET DES BOUES

Une boue hydraulique est un mélange d'eau avec des particules solides. La combinaison de la nature, de la taille, de la forme et de la quantité des particules avec la qualité de l'eau de transport détermine les caractéristiques exactes et les propriétés rhéologiques de la boue.

En première approche, on peut classer les boues en deux catégories : les boues sujettes à décantation (qui forment des dépôts), et les boues stables :

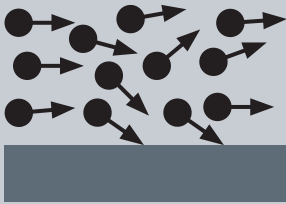
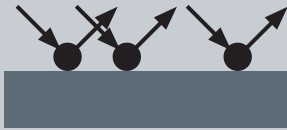
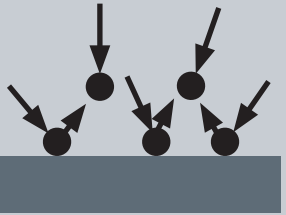

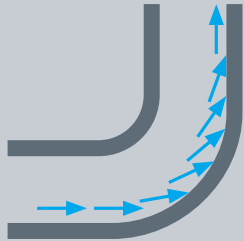
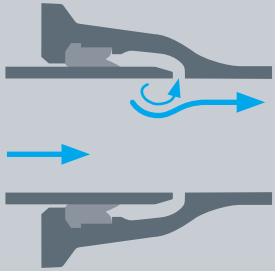
Boues stables	Elles contiennent des particules très fines qui peuvent conduire à des mélanges homogènes et stables dont la viscosité apparente est élevée. Au regard des installations, si ces boues ont généralement un faible pouvoir abrasif, le choix de la pompe et l'énergie qu'elle va consommer doivent être étudiés avec beaucoup de soin, car leur comportement n'est pas celui d'un liquide (ex. comportement non-newtonien).
Boues instables sujettes à décantation	Comparativement aux boues citées précédemment, elles comportent des particules plus grossières qui les rendent instables. De fait, une attention particulière doit être portée pour les calculs de régime hydraulique et de puissance. Les particules en présence conduisent à des taux d'abrasivité élevés. Ces boues considérées comme hétérogènes (ou pseudo-homogènes) représentent la majorité des applications.

## 5.3 LES REVÊTEMENTS INTÉRIEURS PAM

L'usure peut être définie comme un « phénomène mécanique ou chimique indésirable conduisant à la consommation de matériau d'une surface » combinant abrasion, érosion et corrosion.

Processus d'usure	Commentaires
<b>Abrasion</b>	L'usure par abrasion se produit quand des particules dures sont comprimées entre des surfaces dures en mouvement. Il y a 3 types d'abrasion: le premier de type rainurage (gougeage), le second sous cisaillement à hautes contraintes et le dernier à faibles contraintes. Ce type d'usure est inapproprié pour décrire les phénomènes rencontrés dans les canalisations
<b>Érosion</b>	Ce type d'usure peut s'apparenter aux pertes de matière des surfaces en contact avec les fluides chargés de particules. L'érosion met en jeu un transfert d'énergie cinétique au niveau des particules, inexistant dans le cas de l'abrasion. Il en existe 3 types, comme exposé ci-après.
<b>Corrosion</b>	L'usure des canalisations transportant des boues de remblai est souvent considérée comme étant le résultat unique d'un problème d'érosion. Le rôle joué par la corrosion n'est pas nécessairement compris et donc souvent ignoré. Néanmoins, la contribution de la corrosion dans l'usure a été examinée pour des conduites en acier transportant des boues, amenant au constat que la corrosion constitue une part significative des usures totales. Une solution pour réduire la corrosion consiste à traiter la boue pour atteindre un seuil d'inhibition. Il est difficile de maintenir l'efficacité de ce type de traitement sur une longue distance et parfois la combinaison simultanée d'érosion et de corrosion rend les choses très compliquées. Une solution alternative consiste à utiliser des revêtements intérieurs des canalisations ayant une bonne résistance à la corrosion (et à l'érosion).

### ■ LES 3 TYPES D'ÉROSION

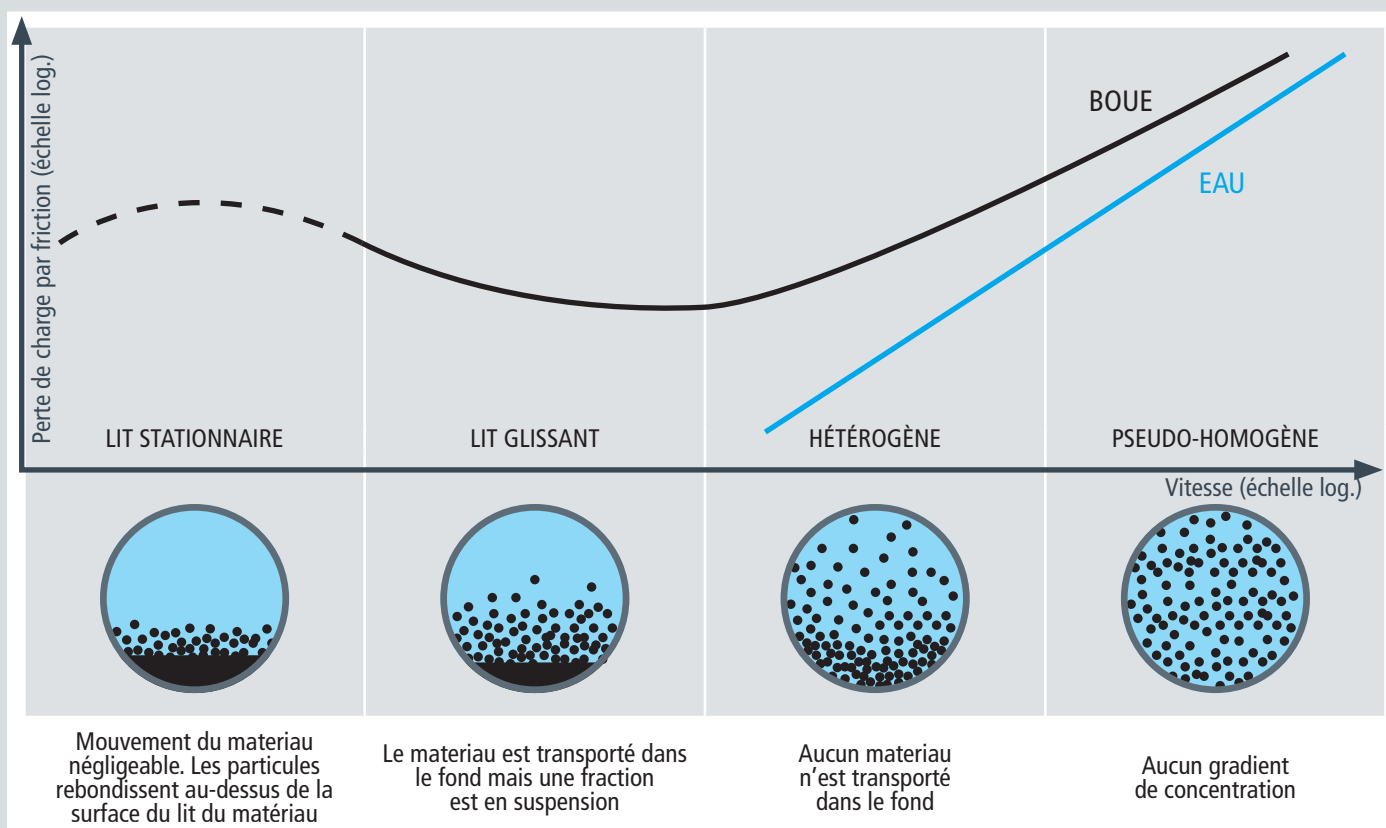
1. lit glissant	2. impact directionnel	3. impact aléatoire
		
		

## ■ PRINCIPAUX PARAMÈTRES JOUANT UN RÔLE DANS L'ÉROSION

<b>Particules</b>	Taille, distribution, forme, dureté
<b>Liquide</b>	pH, densité, viscosité, température
<b>Écoulement</b>	Vitesse, laminaire ou turbulent, hétérogène ou homogène
<b>Canalisation</b>	Matériaux de la canalisation ou des revêtements, configuration (coudes, pentes...), diamètres

**Nombre de Miller:** c'est une mesure relative de l'abrasivité d'une boue. Il permet d'avoir une bonne évaluation des facteurs combinés comme la nature, la taille et le profil des particules, la concentration en particules solides...

**Suspension ou décantation:** plus les particules sont petites, plus le risque de décantation est faible. Quand des particules solides de taille fine (moins de 100 µm) sont mélangées en pourcentages élevés à de l'eau (concentré de minerai...), elles forment des boues qui ne se comportent pas comme des fluides newtoniens et qui ne décantent pas. Ils existent plusieurs types de fluides non-newtoniens, parmi lesquels ceux de Bingham qui ont un comportement proche d'une gelée. Les suspensions contiennent fréquemment simultanément des petites particules et d'autres plus grossières. De fait, la dispersion, la concentration et la vitesse de la boue jouent un rôle de premier plan au niveau de l'écoulement (turbulent, hétérogène...) et pour les phénomènes d'usure, que ce soit sur des linéaires importants ou localement (coudes...).



## ■ PERTE DE CHARGE

Les procédés de centrifugation des mortiers conduisent à des surfaces régulières et lisses. Les pertes de charge sont réduites et les performances hydrauliques garanties à long terme.

**Pour le transport de l'eau :** le coefficient de rugosité Colebrook d'un tuyau isolé a pour valeur  $k=0,03$  mm. Saint-Gobain PAM Canalisation recommande d'utiliser la valeur moyenne  $k=0,10$  mm qui tient compte des points singuliers (tés, coudes, vannes...).

**Pour le transport des boues :** la rugosité initiale des mortiers peut évoluer du fait des phénomènes d'abrasion. Ils n'affectent cependant que la partie basse de la section hydraulique pour les tronçons linéaires ou les sections suivant les coudes. Ramenée à l'intégralité de la canalisation, l'évolution des pertes de charges reste faible.

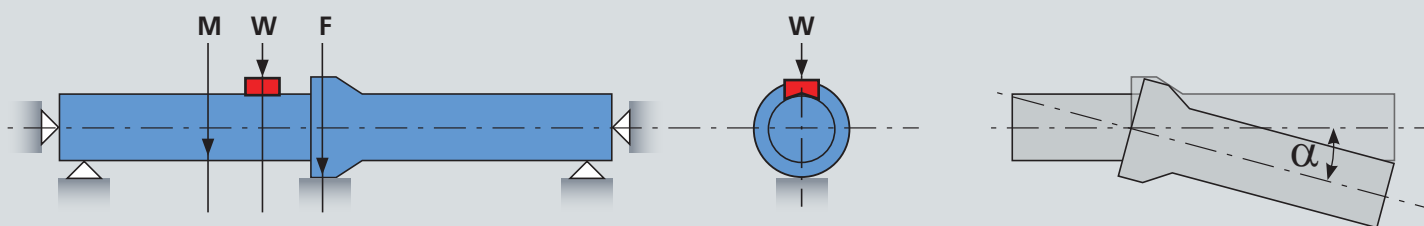
## 5.4 LES JOINTS PAM

### ■ DÉVIATION ANGULAIRE DES JOINTS PAM

DN	Mini exigé par ISO 2531 sur joint non verrouillé	Déviation angulaire $\alpha$ max admissible sur joints PAM						
		🔓 non verrouillé		🔒 verrouillé				
		STD	TYT	STD Vi	STD Ve	UNI STD Vi	UNI STD Ve	PAMLOCK
100	3,5	5	5	5				
150		5	5	5				
200		5	4	4				
250		5	4	4				
300		5	4	3	4			
350	2,5	4	3	3	3			
400		4	3	2	3	3	3	
450		4	3	2	3	3	3	
500		4	3	2	3	2	2	
600		4	3	2	3	2	2	
700	1,5	4	2		2		2	
800		4			2		2	
900		4			1,5		1,5	
1000		4			1,5		1,2	
1100		4			1,5			
1200	1,5	4			1,5		1,1	
1400		3					1,1	1
1500		3						1
1600		3						1
1800		2,5						0,8
2000		2						0,8

### ■ TESTS EN CONDITIONS EXTRÊMES

Tous les joints Saint-Gobain PAM Canalisation sont qualifiés dans les conditions extrêmes de pression et de déviation angulaire spécifiées par la norme EN545 dans un intervalle de température compris entre 0 et 50°C. Nous consulter pour les températures hors de ce cadre.



Montage de l'essai de type selon EN 545

Performance	Pression d'essai	Contraintes sur joint	Critères d'acceptation
Étanchéité à la pression (service et surpression)	P interne positive	Déviation maximale $\alpha$ Effort tranchant W Durée 2 heures	1,5 PFA + 5 bar
Étanchéité à la dépression (dépression accidentelle)	P interne négative		-0,9 bar (cavitation)
Comportement en fatigue (proximité des pompes)	P interne cyclique		PMA +/- 5 bar 24000 cycles
Étanchéité à la pénétration d'eau par l'extérieur (conduite vide)	P externe positive		2 bar (20 m d'eau)

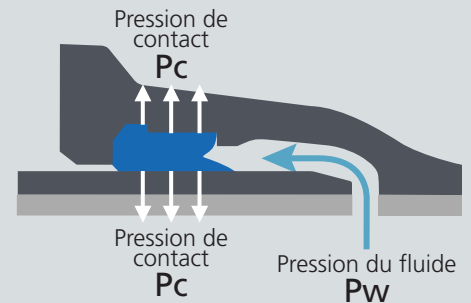
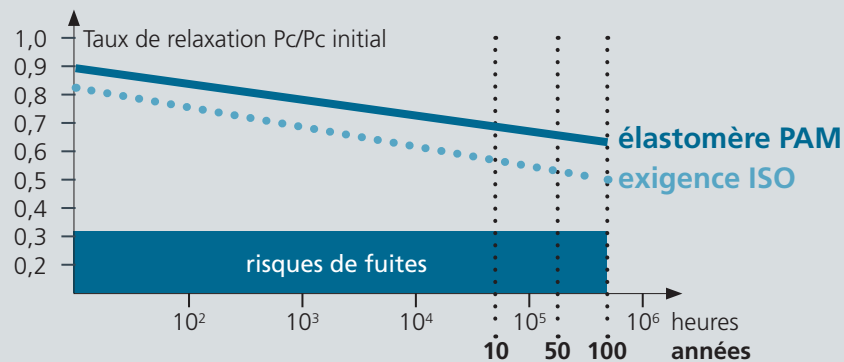
## ■ CHOIX DES VERROUILLAGES

Pour déterminer les longueurs de canalisations à verrouiller (aux points singuliers, pentes, ...) et calculer le nombre de tuyaux à joints verrouillés nécessaires, consulter PAM.

Typologie	Gamme DN	Gamme Pression	Verrouillages	Avantages
Réseaux maillés	100 - 300	16 bar	STD Vi	Montage dernière minute sans soudure
Conduites maîtresses	400 - 1000	moyenne pression 10 - 20 bar forte pression 20 - 35 bar	STD Vi, UNI STD Vi STD Ve, UNI STD Ve	Mécaniques, puissants, avec ou sans boulon
Transport en grands DN et longues distances	1200 - 2000	16 - 25 bar	UNI STD Ve, PAMLOCK	Pas d'engin spécialisé, rapide, idéal en accès difficile

## ■ PERFORMANCE DE L'ÉLASTOMÈRE PAM

Comportement de l'élastomère PAM dans la durée



Le taux de relaxation sous contrainte ( $P_c/P_c$  initial) indique la capacité de l'élastomère EPDM à résister à la pression. Le graphe ci-dessus montre que la bague d'élastomère est apte à remplir sa fonction d'étanchéité durant toute la durée de vie de la canalisation.

## ■ TEMPS D'ASSEMBLAGE

Temps absolu d'assemblage du joint STANDARD	Temps d'assemblage	
	Avec pelle mécanique	Avec câble et treuil manuel
DN	minutes par joint	minutes par joint
300	4	7
400	4	8
600	5	10
800	6	14
1000	8	16
1200	12	18
1400	12	20
1600	12	20
1800	12	20

Note: Les valeurs ci-dessus sont proposées à titre d'information pour des conditions de pose normales. Elles n'ont aucun caractère contractuel. Il appartient au poseur qualifié de les adapter en fonction de sa connaissance exacte des conditions d'accès et d'exécution du chantier

## 5.5 LES REVÊTEMENTS EXTERIEURS PAM

### ■ ZINC ET ZINALIUM® : EMPLOI DANS LES SOLS

	Zinc traditionnel	ZINALIUM®
<b>Performances dans les sols :</b>	Zinc pur 200g/m <sup>2</sup> + vernis bitumeux	Alliage ZnAlu 400g/m <sup>2</sup> + peinture synthétique
Résistivité supérieure à (cf norme EN 545:2010 D.2.1) : - 2500 ohm.cm sous nappe phréatique - 750 ohm.cm hors nappe phréatique	X	X
Résistivité supérieure à (cf norme EN 545:2010 D.2.2) : 500 ohm.cm sous nappe phréatique		X
Régénération de la protection sur blessures de revêtement	X	X

### Domaine d'emploi selon norme EN 545

#### Revêtement de base avec Zinc pur

Les tuyaux en fonte ductile revêtus d'une couche de zinc métallique pur 200g/m<sup>2</sup> mini et d'une couche de vernis bitumineux peuvent être enterrés en contact avec un grand nombre de sols, qui peuvent être identifiés par des études de sols sur place, à l'exception\*\* :

- des sols ayant une basse résistivité, de moins de 1 500 Ω.cm au-dessus du niveau de la nappe phréatique ou de moins de 2 500 Ω.cm au-dessous ;
- des sols mixtes, c'est-à-dire constitués par deux ou plusieurs types de sols ;
- des sols ayant un pH inférieur à 6 et une grande réserve d'acidité ;
- des sols contenant des déchets, des cendres, des scories ou contaminés par certains déchets ou effluents industriels.

#### Revêtement avec alliage de Zinc et d'Aluminium

Les tuyaux en fonte ductile munis d'un revêtement d'alliage de zinc et d'aluminium 400 g/m<sup>2</sup> mini avec une couche de finition peuvent être enterrés au contact de la majorité des sols, à l'exception \*\* :

- des sols tourbeux et acides ;
- des sols contenant des déchets, des cendres, des scories ou contaminés par certains déchets ou effluents industriels ;
- des sols situés sous le niveau de la nappe phréatique marine ayant une résistivité inférieure à 500 Ω.cm.

(\*\*) Dans ces sols identifiés par des études sur sites, et dans l'éventualité de courants vagabonds, il est recommandé d'utiliser une protection supplémentaire (tel que le manchage polyéthylène) ou d'autres types de revêtements extérieurs adaptés (voir EN 545 / D.1, D.2.2 et D.2.3).

### ■ LIGNES ELECTRIQUES ET PROTECTION CATHODIQUE

#### Proximité de lignes électriques:

"La résistance électrique de chaque bague élastomère est suffisante pour considérer que la canalisation en fonte ductile n'est pas une structure électriquement continue. En effet, la bague élastomère isole le tuyau et s'oppose au phénomène d'induction magnétique. Aussi, dans la plupart des cas, lorsque les canalisations sont revêtues de zinc métallique et enterrées, elles peuvent être considérées comme connectées "à la terre" sur toute leur longueur ce qui empêche tout phénomène d'induction sur grande longueur."

Source : *Effect of overhead AC power lines paralleling DI pipelines 1996 (R.W. Bonds/DIPRA Research)*

#### Protection cathodique :

Contrairement aux tubes métalliques soudées et électriquement continues, la protection cathodique n'est pas nécessaire sur les canalisations en fonte ductile assemblées avec bagues de joints en élastomère et protégées avec des revêtements anti-corrosion adaptés aux sols traversés.

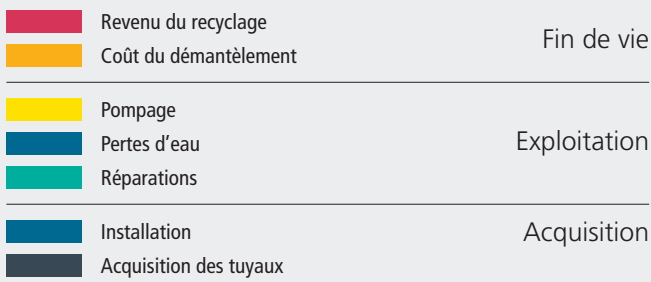
# 5.6 EXEMPLES TCO-LCA

Hypothèses de calculs réalisés avec LCA-TCO PAM calculator:

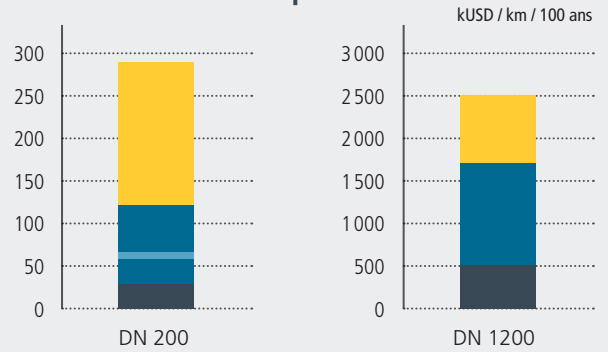
- Pour Tuyaux Mineral DN 200 et 1200
- Posés en tranchée en conditions standards
- Transportés sur 13 000 km par navire
- Données technico-économiques année 2014 zones Asie/Moyen-orient
- Durée de vie 100 ans

Les valeurs ci-dessous, fondées sur des cas hypothétiques et des données moyennes, sont proposées à titre d'information. Elles n'ont aucun caractère contractuel.

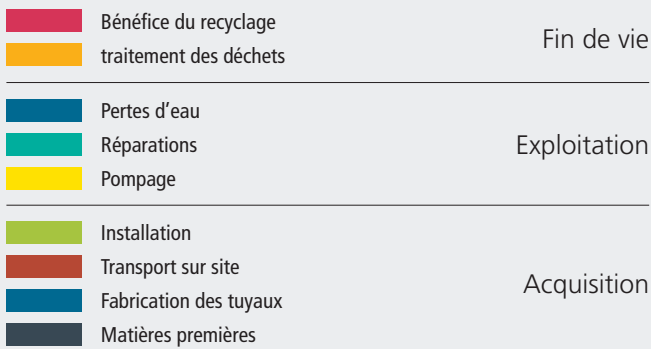
## ANALYSE TCO (COÛT TOTAL DE POSSESSION)



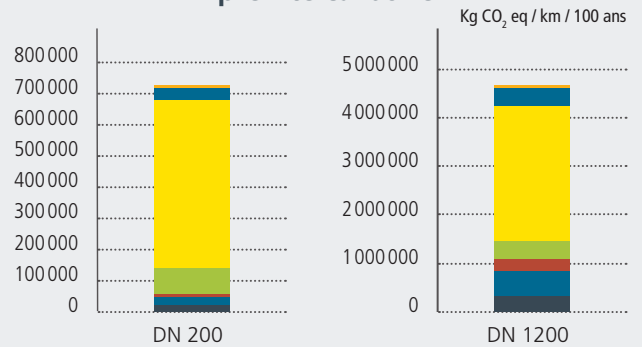
Coût total de possession



## ANALYSE LCA (CYCLE DE VIE)



Empreinte carbone



Consulter PAM pour évaluer votre projet.

# CONTACTER

# SAINT-GOBAIN PAM CANALISATION

## AUSTRIA

Saint-Gobain Rigips AUSTRIA GesmbH  
Vertriebsbüro PAM  
Archenweg 52  
6020 Innsbruck  
Tel: + 43 512 34 17 17 -0

## BELGIUM

Saint-Gobain PAM BELGIUM  
Raatshovenstraat, n°2  
3400 – LANDEN  
Tel: + 32 11 88 01 00

## FINLAND

Saint-Gobain PAM FINLAND  
Strömberginkuja 2  
00380 HELSINKI  
Tel: +358 207 424 600

## GREECE

Saint-Gobain HELLAS  
5 KLEISOURAS STR,  
14452 METAMORGOSI ,ATHENS GREECE  
Tel: +30 210 2831804

## NORWAY

Saint-Gobain BYGGEVARER  
Nils Hansens vei 13,  
0667 OSLO  
Tel: + 47 23 17 58 60

## THE NETHERLANDS

Saint-Gobain PAM Netherlands  
Markerkant 10-17  
1316 AB ALMERE  
Tel: + 31 36 53 333 44

## POLAND

Saint-Gobain Construction Products POLSKA SP Z O.O.  
Ul. Cybernetyki 9  
PL - 02-677 WARSZAWA  
Tel: + 48 22 751 41 72

## PORTUGAL

Saint-Gobain PAM PORTUGAL, S.A.  
Rua das Marinhas do Tejo , n° 15  
2690-361 SANTA IRIA DE AZÓIA  
Tel: + 351 218 925 000

## CZECH REPUBLIC

Saint-Gobain PAM CZ  
Budova DOCK II,  
Smrčková ulice,  
Praha 8 – Libeň  
Tel: + 420 311 712 611

## ROMANIA

Saint-Gobain Construction Products Romania S.r.l.  
SGCPro SRL  
Soseaua Pipera nr.43, Cladirea Floreasca Park,  
corpul A, etajul 3, birourile 25-41, cod 014254,  
sector 2, Bucuresti, Romania  
Tel: + 40 21 207 57 29

## SLOVAKIA

Saint-Gobain Construction Products, s.r.o.  
Dlha 1780/6  
90031 Stupava  
Tel: +421 (0) 2 654 569 61

Enquiries from other EU and overseas countries:  
please consult Saint-Gobain PAM Canalisation



Saint-Gobain PAM Canalisation •  
Siège social

21, avenue Camille Cavallier  
54705 Pont-à-Mousson Cedex • FRANCE  
tél : +33 (0) 383 807 350  
[www.pamline.fr](http://www.pamline.fr)