

Sélection des matériaux des pompes à eaux usées : Augmentation du rendement et prolongation de la durée de vie utile.

Les eaux usées peuvent parfois être corrosives et abrasives. Le choix des matériaux appropriés pour la fabrication des pompes à eaux usées est par conséquent crucial pour obtenir un fonctionnement fiable, durable et économique. Ce document a pour but de formuler des recommandations quant au choix des matériaux concernant les pompes à eaux usées et leur utilisation avec différentes substances. Il décrit également divers phénomènes liés à la corrosion et à l'abrasion.

Mise en contexte

La complexité grandissante de la composition des eaux usées ne cessant d'augmenter, il devient plus important de choisir une pompe composée du bon matériau pour obtenir la protection appropriée.

Les raisons de la complexité accrue diffèrent selon la situation géographique; certaines seront abordées ci-après.

Étant donné la hausse des coûts de la main-d'œuvre, les clients veulent des stations de pompage sans entretien. Il est donc plus rentable de faire charrier le sable sur de longues distances par les pompes du circuit plutôt que d'utiliser des camions de pompage à vide pour en assurer l'élimination

Par endroits, la quantité des eaux de ruissellement des rues a augmenté en raison de la proportion plus élevée de zones asphaltées. Cette augmentation de l'asphaltage contribue à drainer davantage de sable dans le système, ce qui accentue l'usure par abrasion des pièces hydrauliques des pompes.

De ce fait, pour assurer un rendement optimal qui accroît la durée de vie utile et l'efficacité, les exigences sont plus élevées quant au choix des matériaux et de la protection de la pompe, ce qui a pour effet de réduire sensiblement les coûts d'énergie et les frais généraux associés à la propriété de l'équipement.

Il faut également comprendre quand il est possible et approprié d'utiliser une pompe en fonte grise standard

sans mesures de protection supplémentaires. En fait, dans la plupart des applications en eaux usées, elle demeure la solution recommandée, le choix d'autres matériaux ou de protection supplémentaire ne faisant qu'augmenter le coût.



Pièces hydrauliques d'une pompe à eaux usées, offertes dans une vaste gamme de matériaux en option.

Influence des eaux usées sur la durée de vie utile de la pompe

Il existe plusieurs types d'eaux usées. Selon le type d'égout, il convient d'utiliser différents matériaux pour prolonger la durée de vie utile de la pompe. La teneur en chlorure, la valeur pH, la température, le taux d'oxygène et les abrasifs sont autant de facteurs à prendre en compte lors du choix des matériaux et de la protection.

Les eaux usées non traitées ne contiennent normalement pas d'oxygène dissous puisque les micro-organismes utilisent l'oxygène pour consommer les matières organiques présentes dans les eaux usées. S'il y a présence d'oxygène, aussi infime soit elle, des niveaux élevés inacceptables de corrosion peuvent en résulter si les matériaux utilisés sont la fonte grise et l'acier au carbone.

La teneur en chlorure des eaux usées varie de 10 à 500 mg/l, mais peut être supérieure s'il y a infiltration d'eau de mer. À titre de comparaison, le niveau de chlorure de l'océan Atlantique est de 19500 mg/l.

La valeur pH des eaux usées se situe généralement autour de 7.

Dans les eaux usées non traitées des particules abrasives sont souvent présentes, ce qui augmente le risque d'usure des pièces hydrauliques. En plus de réduire la durée de vie utile de la pompe, l'usure et la corrosion des matériaux peuvent causer des pannes et des arrêts imprévus.

Usure

Par définition, l'usure est la perte du matériau d'une surface. De manière générale, plus d'un mécanisme d'usure peut s'activer en même temps, mais l'un d'eux



Roue après un essai d'usure accéléré en laboratoire.

à habituellement un effet dominant. L'usure due à des particules abrasives est la plus commune lorsqu'il est question d'eaux usées. Par ailleurs, une vitesse élevée dans la volute de la pompe accélère l'érosion due à l'eau. Les pièces de la pompe, comme la roue, les hélices, les couvercles d'aspiration et les volutes, en contact direct avec les substances pompées, sont les premières à subir l'usure par érosion. L'usure n'est toutefois pas linéairement proportionnelle à la vitesse des substances pompées. Pour les matériaux métalliques, l'usure est relativement proportionnelle à plus que le carré de la vitesse. Les essais indiquent qu'un exposant de 2,4 est approprié ($\text{usure} = c \times V^{2.4}$). En d'autres mots, si la vitesse augmente de 50 %, l'usure sera 2,6 fois supérieure.

Il existe une forte relation linéaire entre la résistance à l'usure et la dureté du même type de matériaux métalliques (Fig. 1). Ces essais de résistance à l'usure ont été réalisés au laboratoire des matériaux de Xylem à l'aide d'appareils spécialement conçus à cette fin, lesquels simulent les conditions réelles à l'intérieur de la pompe.

Hard-Iron™ offre une résistance à l'usure extrêmement élevée en raison de carbures de chrome dur intégrés.



Exemple d'une station d'épuration dotée de pompes à hélices.

Essai d'usure relative dans une boue liquide contenant 20 % de sable de granite naturel (taille des grains : 0,70 mm)

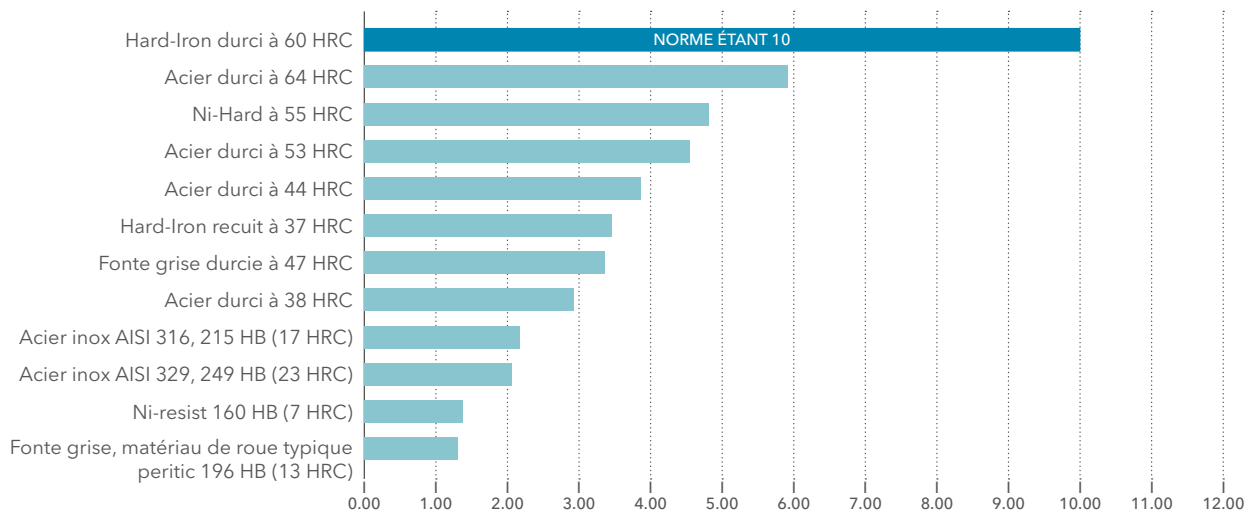


Figure 1: Aperçu de la résistance d'usure relative sur divers matériaux. Le schéma montre qu'il existe une forte relation linéaire entre la résistance à l'usure et la dureté du même type de matériaux métalliques, ce qui se constate clairement sur des aciers ayant des duretés différentes.

La relation linéaire entre la dureté et la résistance à l'usure est la plus apparente pour les aciers durcis. Bien que ces types d'acier fassent appel à des techniques identiques et partagent une structure commune, leur dureté diffère. La fonte grise composée de graphite tendre intégrée à la structure présente une résistance à l'usure plus faible à l'état durci et à l'état brut de coulée par rapport à l'acier au carbone d'une dureté similaire. Par contre, les rendements de l'acier inoxydable sont légèrement supérieurs en raison de ses propriétés plus résistantes à la corrosion.

La corrosion induite par l'oxygène peut être plus rapide pour de nombreuses raisons, dont une température élevée, des substances ayant une valeur pH faible ou haute, une teneur en oxygène ou en chlorure élevée.

Le plus commun de ces facteurs d'accélération est la teneur en chlorure. En règle générale, si le niveau de chlorure est inférieur à 200 mg/l, aucune mesure de protection supplémentaire n'est requise pour la fonte grise ou l'acier au carbone.

Types de corrosion

Il existe de nombreux types de corrosion. La corrosion générale et la corrosion par érosion sont les plus courantes pour la fonte grise et l'acier au carbone qui entrent en contact direct avec les eaux usées. La corrosion galvanique est un autre type qu'on rencontre particulièrement dans les pompes en aluminium; toutefois, le risque de corrosion galvanique est également important, par exemple, lorsque des roues en acier inoxydable sont employées dans les eaux usées.

Corrosion générale

La corrosion générale s'attaque à tous les types de surface, mais se produit en principe lentement. Ce type de corrosion ne présente généralement pas de problème pour les composants coulés dans des parois épaisses et, par conséquent, a peu d'incidence sur le fonctionnement de la pompe.



Les effets de la corrosion sur une pompe à eaux usées encore en fonction après 50 années d'utilisation.

Érosion par corrosion

Lorsque l'eau coule à grande vitesse et que l'oxygène érode les produits de corrosion de la surface, la corrosion par érosion est commune. Généralement situées dans les zones soumises à un flux mouvementé, les attaques s'aggravent en présence de bulles de gaz et de particules.

Les dommages résultant de la corrosion par érosion peuvent être confondus avec les problèmes de cavitation, qui surviennent si la pompe ne fonctionne pas dans la bonne zone de courbe QH ou si elle n'a pas suffisamment de charge nette absolue à l'aspiration. Si la pompe est utilisée de manière adéquate, les risques de cavitations sont faibles. Dans ce cas, la corrosion par érosion est probablement attribuable à la détérioration de la matière.

Corrosion galvanique

Lorsque deux métaux sont électriquement reliés et placés en contact avec des eaux usées contenant des chlorures, ils forment une cellule galvanique dans laquelle le matériau le plus noble est cathodique et celui qui l'est le moins est anodique. Ce dernier est alors sujet à la corrosion.

La vitesse de corrosion dépend:

- du rapport d'aire de surface de la cathode à l'anode - une aire d'anode plus grande par rapport à celle de la cathode réduit les effets galvaniques;
- de l'importance de la différence potentielle (Fig. 2) - une différence potentielle plus importante accroît la vitesse de corrosion;
- de la conductivité du liquide - une teneur plus élevée en chlorure entraîne une vitesse de corrosion plus grande.

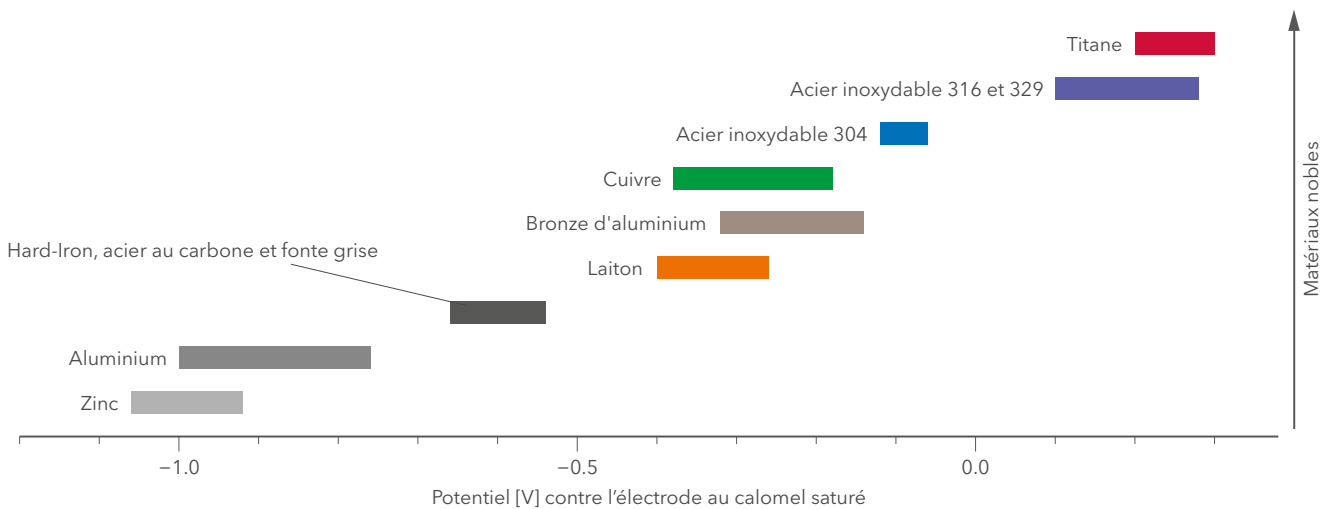


Figure 2: Le potentiel électrique des métaux peut être mesuré dans différentes solutions aqueuses et listé dans des séries galvaniques



Corrosion par érosion d'une roue.



Effets de la corrosion galvanique sur un boulon de levage avec une chaîne en acier inoxydable.

Types de matériaux

Le choix du matériau de la pompe dépend principalement de l'application et influence énormément la durée de vie utile de la pompe. Le facteur primordial est le matériau de la roue, puisque cette dernière est lourdement affectée par l'usure et la corrosion par érosion en raison de sa grande vitesse par rapport au liquide.

Matériaux de pompe fréquemment utilisés

Matériau	Nickel	Chrome	Dureté (état durci)	Dureté (état non durci)	Résistance d'usure relative	Potentiel électro-chimique	Limites pH	Limites du chlorure (sans protection de l'anode de zinc)
Fonte grise	0	0%	47 HRC	13 HRC	1.3 (3.3*) *durcie	de -0.55 à -0.65	de 5.5 à 14	<200 ppm
Acier inoxydable 316/329	de 4 à 11%	de 17 à 25%	–	de 10 à 20 HRC	2	de 0.1 à 0.3	de 0 à 14	<500 ppm
Hard-Iron	0	25%	60 HRC	37 HRC	10	de -0.55 à -0.65	de 5 à 14	de 200 à 300 ppm

Figure 3: Matériaux de pompe les plus fréquemment utilisés et leurs propriétés respectives de résistance à la corrosion et à l'usure.

Fonte grise

Connue pour ses excellentes propriétés de coulage, la fonte grise peut aussi être durcie et présenter de bonnes propriétés d'usinage. Elle est le matériau commun des roues le plus approprié pour les applications municipales en eaux usées, là où il n'y a aucune exigence particulière de protection contre la corrosion ou de résistance à l'usure.

La fonte grise peut être utilisée avec les eaux usées dont le pH varie de 5,5 à 14, à condition que la teneur en chlorure ne dépasse pas 200 mg/l. Si le chlorure dépasse les valeurs maximales autorisées, il est alors recommandé d'utiliser des anodes de zinc et un revêtement époxy spécial.

Acier inoxydable

L'acier inoxydable (type de matériau 316/329) fait preuve d'une grande résistance à la corrosion, mais d'une faible résistance à l'usure. Les eaux usées peuvent parfois contenir des particules abrasives, ce qui limite la pertinence de l'acier inoxydable dans les applications en eaux usées.

Si le client préfère une roue en acier inoxydable, il est tout à fait possible d'utiliser ce matériau au lieu de la fonte grise, mais il aura des effets négatifs. Si des anodes en zinc sont nécessaires en raison de la présence de substances corrosives, les anodes s'useront plus rapidement et devront être remplacées plus souvent qu'avec une roue en fonte grise.

Passer d'une roue en fonte grise à une roue en acier inoxydable crée également un risque de corrosion galvanique et augmente le potentiel de corrosion sur les autres composants en contact avec les fluides et l'environnement fait de matériaux moins nobles. L'acier inoxydable n'est par conséquent pas le matériau recommandé pour les applications en eaux usées.

Hard-Iron™

Le Hard-Iron possède des propriétés de résistance moyennes à la corrosion et excellentes à l'usure. Les essais d'usure montrent en effet que la durée de vie utile d'une roue faite de Hard-Iron peut être trois fois supérieure à celle d'une roue faite en fonte grise durcie.

Le Hard-Iron est un alliage en fonte à haute résistance composé de 25 % de chrome et de 3 % de carbone. Au cours du procédé de solidification, le chrome et le carbone se transforment en carbures très durs, ce qui rend le Hard-Iron extrêmement résistant à la corrosion par érosion et à l'usure par abrasion dans les applications en eaux usées typiques et en fait un choix plus approprié que l'acier inoxydable. Ce dernier est la cause de la corrosion galvanique des matériaux environnants et réduit la durée de vie utile totale du système.

Des essais d'usure accélérée effectués avec du sable ont été menés au laboratoire de Xylem. Avant ces essais, le dégagement entre la roue et la sortie de la pompe mesurait 0,3 mm. Les essais ont démontré que l'usure d'une roue en acier inoxydable et d'une en fonte grise se produit pratiquement au même rythme. Après 50 à 63 heures d'essai en accéléré, le dégagement de la roue était de 2 mm (Fig. 4). Une roue faite de Hard-Iron dure environ trois fois plus longtemps après 190 heures d'essai en accéléré ayant élargi le dégagement de la roue à 2 mm.

Essai d'usure accéléré

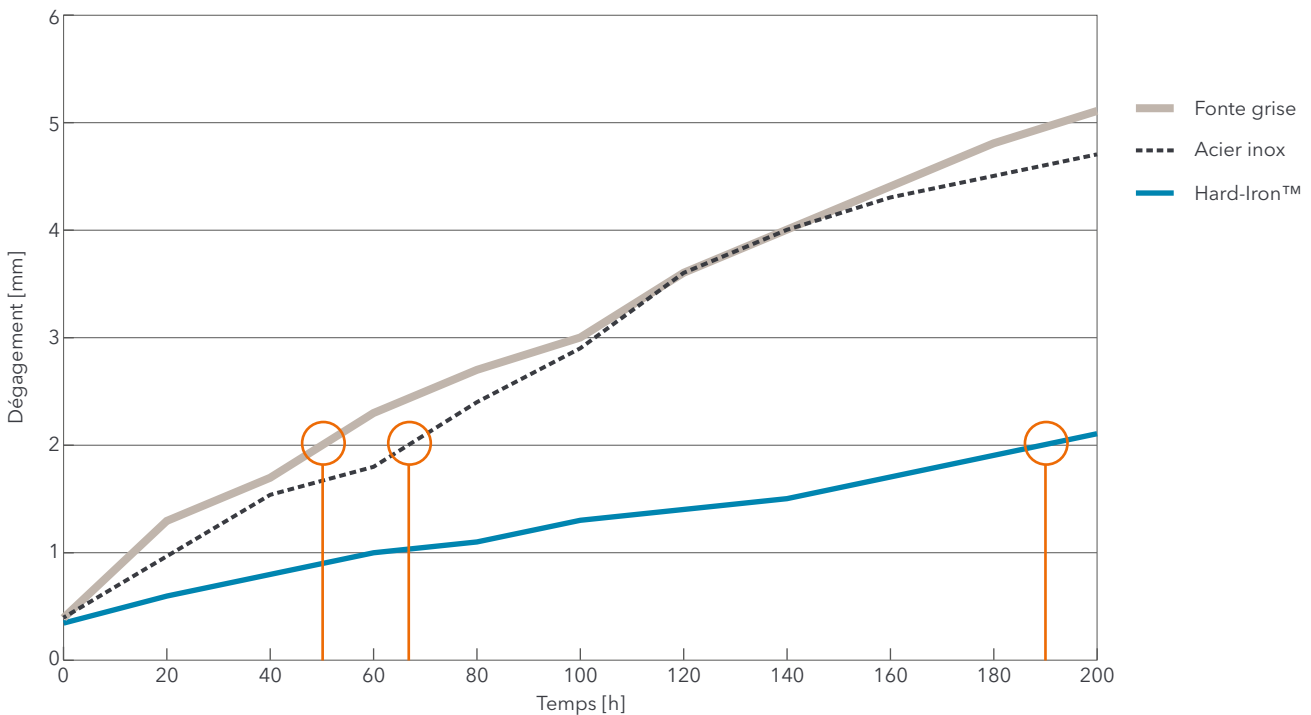


Figure 4: Les essais ci-dessus comparent l'usure des matériaux. L'utilisation de Hard-Iron minimise l'usure des roues de pompe et en prolonge la durée de vie utile.

Conclusion

L'augmentation de la complexité du mélange d'eaux usées a une incidence sur la pompe et accroît la corrosion et l'usure dans les applications les plus difficiles. Un tel contexte impose des exigences plus élevées quant au choix du matériau approprié pour la roue et à la protection de pompe adéquate comme des anodes de zinc et de revêtements protecteurs. Ainsi qu'il a été précédemment mentionné, le choix du matériau pour la pompe dépend de la quantité d'ions de chlorure et de particules abrasives dans les substances de la pompe.

L'application en eaux usées la plus commune est dotée de conditions de faible usure avec des faibles quantités de matières corrosives. Dans ce cas, la fonte grise comme matériau de roue est la meilleure solution sans qu'une protection supplémentaire ne soit nécessaire.

Dans des conditions d'usure élevée, il convient d'utiliser une roue en Hard-Iron puisque sa résistance à l'usure est multipliée par trois et qu'il prolonge la durée de fonctionnement. En présence d'une grande quantité de chlorure, il est indispensable d'utiliser une protection par anodes de zinc et une peinture époxy spéciale, quel que soit le matériau de la roue. S'il est précisé d'employer une roue en acier inoxydable au lieu d'une roue en fonte grise, il faut être conscient du risque accru de corrosion galvanique. Par conséquent, l'acier inoxydable n'est pas le matériau que nous recommandons généralement pour les applications en eaux usées.

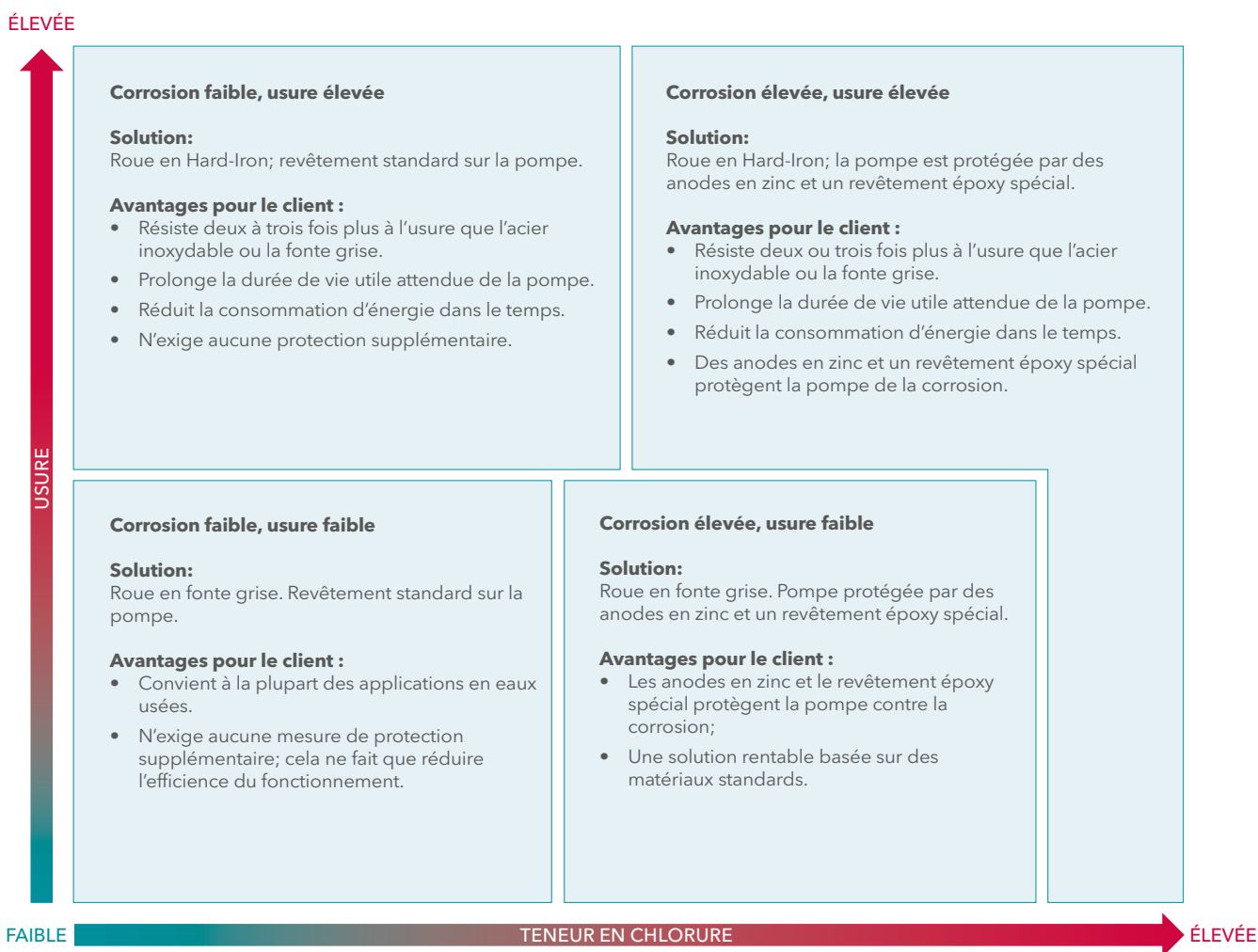


Figure 5: Ce schéma présente les matériaux de roue recommandés pour les pompes en fonte grise. D'autres matériaux sont offerts, mais ne sont pas recommandés pour les applications en eaux usées.

