

N/Réf : 2009/429/AC/MDRO/JANT

**Substitution des aciers inoxydables
austénitiques dans l'agroalimentaire
Etude électrochimique de résistance à
la corrosion par pique.**

N° : 016124

Date : Septembre 2009

Rapport

Version du 13 novembre 2008 mise à jour.

Auteur(s) : Marion DROZ

Service : 429

Rapport : partiel
final

Visas :

Le
Responsable technique de
l'action :
Marion DROZ

Le
Responsable de l'activité :
Jean-Michel SOBRINO

Toute reproduction partielle susceptible de dénaturer le contenu du présent document, qu'il s'agisse d'une omission, d'une modification ou d'une adaptation engage la responsabilité du client vis à vis du CETIM ainsi que des tiers concernés.

5. CONCLUSIONS

L'ensemble des résultats a mis en évidence la variation des classements des nuances dans les essais de corrosion par piqûre en fonction des milieux étudiés. Cela confirme l'importance, pour une application donnée, de réaliser des essais représentatifs (selon le milieu, la température, les conditions de contact entre les produits et le métal, ...) des conditions de service des matériels concernés.

Ci-après sont récapitulées les différentes conclusions en fonction du niveau d'agressivité du milieu mis en œuvre, puis les tableaux 8 et 9 dressent le bilan par produit, au vu des résultats, des substitutions possibles.

5.1 Bilan par milieu

▶ Comportement en corrosion face aux produits de nettoyage (Milieux 1 et 2)

Les aciers inoxydables testés ne présentent pas de risque de corrosion par piqûre dans des milieux acide nitrique (0.6%) ou phosphorique (1%) à 75°C, pour des temps de contact de quatre heures. L'acide nitrique et l'acide phosphorique, aux pH considérés, simulent des produits détartrants classiquement utilisés dans l'agroalimentaire.

Dans ces conditions d'essais, le comportement des nuances ferritiques, austéno-ferritiques (« duplex ») et austénitiques de la série 200 est équivalent à celui des nuances austénitiques de référence AISI 316L et AISI 304L.

On estime également que les produits de nettoyage alcalins ne présentent pas plus de risques vis-à-vis des nuances testées que vis-à-vis des nuances de référence (*source : Guide de bonnes pratiques de nettoyage et maîtrise de la corrosion – Restauration collective et artisanale. Les ouvrages du CETIM, 2005*).

Pour des matériels uniquement soumis à des produits nettoyants, toutes les nuances testées peuvent se substituer aux nuances austénitiques de référence.

▶ Comportement en corrosion dans les milieux alimentaires d'agressivité modérée (Milieux 3 et 6)

Lorsque la concentration en ions chlorures est modérée (1 et 3 g/L), pour des pH compris entre 2,6 et 5,4, il existe des nuances qui, dans les conditions considérées, ont des comportements proches de ceux des nuances de référence.

Les nuances austéno-ferritiques S32101 et S32304, notamment, présentent des performances proches, quoique inférieures, respectivement, à celles des nuances AISI 316L et AISI 304L. **Ces deux aciers peuvent être des candidats sérieux, dans certaines applications, à la substitution des nuances austénitiques.**

Les nuances ferritiques **AISI 436 et AISI 441** présentent elles aussi des performances proches de celles des nuances de référence pour des pH proches de la neutralité (mais pertes de performances lors du contact avec un milieu acide tel que l'acide acétique).

Les nuances AISI 444 et 445 présentent quant à elles une résistance à l'apparition de la première piqûre très supérieure à l'AISI 316L. Cependant elles n'ont pas la propriété de se repassiver dans le milieu, ce qui dans certaines applications constitue un risque de corrosion.

La nuance **AISI 430 n'est pas préconisée** pour des utilisations dans des milieux salés et/ ou acides.

Les nuances austénitiques de la série 200 présentent des performances inférieures à celles des nuances de référence et qui dépendent du milieu d'essais. Elles pourraient parfois être utilisées en substitution de la nuance 304L.

▶ Comportement en corrosion dans les milieux alimentaires très agressifs (Milieux 4 et 5)

Dans des conditions sévères d'un point de vue corrosion (par exemple dans les milieux acide acétique 1% + NaCl 3% ou acide citrique 1% + NaCl 3%, à 65 °C qui simulent des milieux agressifs rencontrés dans l'alimentaire), les mesures ont confirmé le fait que l'absence de nickel entraîne la perte de capacité des aciers inoxydables à se repassiver lorsqu'ils sont en contact prolongé avec le milieu agressif.

En raison de la perte de cette propriété de repassivation, nous nous positionnons pour **le maintien des nuances austénitiques**, notamment la nuance AISI 316L dans les utilisations à risque. Elles doivent être utilisées de manière privilégiée et présentent elles aussi une sensibilité à la corrosion par piqûres, provoquée par les chlorures présents dans un milieu salé ou de l'eau de Javel, et le métal devra être mis en œuvre avec toutes les précautions nécessaires.

La capacité à se repassiver des aciers inoxydables austénitiques constitue une **sécurité supplémentaire** qui garantit mieux l'intégrité des matériels lors d'utilisations dites « à risque », comme :

- Zones de rétention ou confinement (temps de contact milieu/métal)
- Dégradations de l'état de surface de tous types
- Contacts avec des milieux agressifs (chaleur, sel, acidité)
- Eventuellement blessures mécaniques de la surface (rayure, choc...)

Les deux nuances austéno-ferritiques (« duplex ») testées présentent des performances intéressantes et **constituent une alternative possible** aux nuances austénitiques pour des utilisations dans des milieux agressifs (les performances mesurées restent cependant inférieures à celles des nuances de référence).

En raison de leur trop forte sensibilité, l'utilisation des nuances austénitiques de la série **200 est à proscrire, ainsi que les nuances ferritiques AISI 430, 441, et 445.**

L'utilisation des meilleures nuances ferritiques, pour des applications particulières, devra se faire en prenant en compte la limitation due à la perte de la propriété de repassivation. La perte de cette propriété pourra sans doute être compensée dans les milieux agressifs par les très bonnes performances (supérieures ou égales à celles de l'AISI 316L) en termes de résistance à l'apparition de la première piqûre de certaines nuances comme l'AISI 444 ou 436, à condition de respecter les bonnes pratiques d'entretien et de nettoyage des aciers inoxydables. Nous ne pouvons cependant nous prononcer sur l'intégrité dans le temps des matériels fabriqués avec de tels matériaux lors de leur utilisation en milieu agressif.



5.2 Bilan sur les substitutions possibles par produit

Rappel : Les essais ont été menés sur des tôles dont l'état de surface est celui en sortie d'aciérie (2B ou RB), tel que livré habituellement au client.
La lecture de ce tableau est indissociable des commentaires formulés p/9 et 20

Familles d'articles et équipements	Sollicitations en corrosion	Nuance austénitique prise comme référence*	Substitution possible selon résultats du CETIM (Performances anticorrosion uniquement ***)	Informations indicatives : nuances connues comme utilisées sur le marché pour les applications définies. **
Cuisson : autocuiseurs, casseroles, poêles, plats à four ...	Contacts avec condensats acides, salés, chaleur, temps de contacts importants, blessure de surface lors du nettoyage Risque élevé de corrosion	AISI 304 et 304L	Ferritiques: AISI 436, 444 Duplex : S32304 et S32101	430, 441, 445
		AISI 316 et 316L	Ferritiques: AISI 444 Duplex : S32304	
Couvercles	Sollicitations moindres que corps des articles de cuisson (vapeurs et projections uniquement), mais pas de contrôle sur l'entretien par l'utilisateur final Risque faible de corrosion	304 et 304L	Ferritiques: AISI 441, 436, K45, 444 Austénitiques : AISI 201, 202 Duplex : S32304, S32101	430, 441, 445
Couverts et ustensiles de cuisine (Hors coutellerie)	Pas de chaleur Temps d'utilisation courts par rapport à la durée de vie totale de l'article. Temps d'exposition aux milieux alimentaires agressifs faibles et peu fréquents. Risque le plus important : lavage lave- vaisselle. Risque faible de corrosion	AISI 304	Ferritiques: AISI 441, 436, K45, 444 Austénitiques : AISI 201, 202 Duplex : S32304, S32101	AISI 430 déjà utilisée depuis de nombreuses années

Tableau 8 : Préconisations de substitution sur la base des résultats des essais de corrosion par piqûre, sans considération d'aspect, de résistance mécanique....



Familles d'articles et équipements	Sollicitations en corrosion	Nuance austénitique prise comme référence*	Substitution possible selon résultats du CETIM (Performances anticorrosion uniquement***)	Informations indicatives : nuances connues comme utilisées sur le marché pour les applications définies. **
Matériels destinés à l'agroalimentaire	Contacts brefs avec milieux alimentaires Pas ou peu de chaleur Nettoyages et rinçages fréquents Risque faible de corrosion	AISI 304 et 304L	Ferritiques: AISI 441, 436, K45, 444 Austénitiques: 201, 202 Duplex : S32101, S32304	430 et 441
	Surfaces en contact prolongé avec les aliments : Cuisson, distribution, préparation Ex : marmites, rôtissoires, sauteuses...	Condensats acides, salés, chaleur Risque élevé de corrosion	AISI 304 et 304L AISI 316 et 316L	Ferritiques: AISI 436, 444 Duplex : S32304 et S32101 Ferritiques: AISI 444 Duplex : S32304

Tableau 9 : Préconisations de substitution sur la base des résultats des essais de corrosion par piqûre, sans considération d'aspect, de résistance mécanique....

Nous rappelons que pour un équipement bien conçu et fabriqué dans des conditions optimales, quelle que soit la structure métallographique de l'acier inoxydable utilisé (austénitique, ferritique ou duplex), les conditions d'utilisation et de nettoyage peuvent avoir une influence sur sa durabilité. Les préconisations d'entretien fournies par les fabricants et disponibles dans le guide CETIM « Guide des bonnes pratiques de nettoyage et maîtrise de la corrosion – Restauration collective et artisanale » 2005) doivent être parfaitement respectées pour garantir l'intégrité dans le temps de toutes les nuances d'acier inoxydable. Parmi ces bonnes pratiques, on trouve : nettoyages réguliers, utilisation de produits non agressifs, rinçages abondants et fréquents à l'eau, absence d'abrasion de surface...

* Les nuances de références austénitiques (AISI 304L et 316L) ont été définies par le groupe de travail pilotant l'étude.

** Informations recueillies auprès de fabricants et aciéristes

*** Voir commentaires sur l'utilisation des différentes familles d'acier inoxydable en fonction du niveau d'agressivité du milieu p 19 et 20.

▶ Etudes complémentaires sur la mise en œuvre :

La mise en œuvre de ces matériaux introduit des contraintes complémentaires qui nécessitent des travaux actuellement en cours.

L'étude sur le soudage (soudabilité des matériaux et comportement en corrosion des pièces soudées) est actuellement en phase de réalisation, à ce jour aucune conclusion ne peut être formulée.

L'analyse des données emboutissage est en phase de réalisation, mais l'étude CETIM a d'ores et déjà confirmé que les nuances AISI 201 et AISI 202 sont sujettes à la casse différée (rupture en emboutissage profond, cf. Rapport CET017534).

Une remarque générale peut être effectuée sur le fait que l'ensemble des résultats obtenus sur différentes nuances d'aciers inoxydables sont directement liées à la composition chimique et à l'état de surface des matériaux.

Le CETIM reste à l'écoute des industriels pour les accompagner, au cas par cas, sur les différentes voies de progrès concernant l'emploi de nuances de substitution.