

**Substitution des aciers inoxydables  
austénitiques dans le secteur alimentaire  
Etude électrochimique de résistance à la  
corrosion par piquêre**

**Synthèse de l'étude**

*Christophe Hermon*  
02 40 37 36 35  
[christophe.hermon@cetim.fr](mailto:christophe.hermon@cetim.fr)

**Substitution des aciers inoxydables austénitiques  
dans le secteur alimentaire**  
**Etude électrochimique de résistance à la corrosion par piquûre**

## 1. INTRODUCTION

A la demande de plusieurs organisations professionnelles, des commissions du Cetim se sont réunies afin d'établir le cahier des charges d'une étude permettant d'aller vers la substitution des aciers inoxydables austénitiques.

Dans un premier temps, à partir des données disponibles (données bibliographiques), un guide de choix d'aciers inoxydables de substitution a été réalisé en tenant compte des attentes et des besoins des fabricants et des utilisateurs dans le domaine agroalimentaire. Les propriétés des nuances de substitution, relatives aux critères techniques, ont été présentées, caractérisées et comparées avec celles des nuances austénitiques : l'ensemble des données disponibles sur ces nuances de substitution (caractéristiques physiques et mécaniques, formes disponibles, résistance à la corrosion, emboutissage, soudage, etc.) ont été rassemblées et présentées dans un rapport Performance « Substitution des aciers inoxydables austénitiques (série 300) dans l'agroalimentaire », (N° CETIM 9Q67, juin 2007).

Dans un second temps, afin de valider les informations contenues dans le rapport Performance, des essais électrochimiques pour qualifier le comportement en corrosion sont réalisés. Il s'agit d'une évaluation comparative de la sensibilité de 11 nuances d'acier inoxydable (AISI 304L, AISI 316L, AISI 441, AISI 430, AISI 436, AISI 444, AISI 201, AISI 202, S32304, S32101, AISI 445) à la corrosion par piquûre, dans 6 milieux représentatifs de l'agroalimentaire (solutions de nettoyage acides et solutions de contact agressif).

L'ensemble des essais sur aciers inoxydables ferritiques, austéno-ferritiques ou austénitiques de la série 200, est effectué de manière comparative avec les aciers inoxydables austénitiques AISI 304L et AISI 316L.

Austénitiques :	Série AISI 300
Ferritiques :	série AISI 400
Série austénitiques au manganèse :	AISI 201 et AISI 202
Austéno-ferritiques :	S 32304 et S 32101

## 2. 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 le tableau 8 dresse le bilan par produit, au vu des résultats, des substitutions possibles.

### 2.1 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, de 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 des nuances 304L et 316L.

▶ 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** 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



Synthèse de l'étude 016124 – Décembre 2008

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.

## 2.2 Bilan par produit

	Familles d'articles et équipements	Sollicitations	Nuance utilisée actuellement	Substitution possible	Commentaires
Matériels destinés à l'agroalimentaire	Meubles neutres, matériels de cuisson, de distribution, techniques ou de manutention sans contact prolongé avec les aliments, matériels de préparation <i>Ex : matériels pour l'hygiène, tables, panneaux, portes, hottes, armoires...</i>	Contacts brefs avec milieux alimentaires Pas ou peu de chaleur Nettoyages et rinçages fréquents Risque faible de corrosion	AISI 304 et 304L AISI 316 et 316 L	Toutes: AISI 430, 441, 436, 445, 444 AISI 201, 202 S32304, S32101	Attention : il existe des capacités de résistance à la corrosion par piqûre très différentes pour les ferritiques : Ex : AISI 444 >> AISI 430
	Surfaces en contact direct avec les aliments : Cuisson, distribution, préparation <i>Ex : marmites, rôtissoires, sauteuses...</i>	Condensats acides, salés, chaleur : risque élevé de corrosion	AISI 304 et 304L	S32304 et S32101 AISI 436, 444, 201 et 202	
			AISI 316 et 316 L	S32304 et S32101	Pour le même niveau de qualité, utilisation préférentielle de la nuance austénitique 316 L

<b>BILAN SUR LES SUBSTITUTIONS POSSIBLES PAR PRODUIT</b>
--

	Familles d'articles et équipements	Sollicitations	Nuance utilisée actuellement	Substitution possible	Commentaires
Articles culinaires	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	S32304 et S32101 AISI 436, 444, 201 et 202	
			AISI 316 et 316 L	S32304 et S32101	Pour le même niveau de qualité, utilisation préférentielle de la nuance austénitique 316 L
	Couvercles	Sollicitations moindres que corps des articles de cuisson (vapeurs et projections uniquement), mais pas de contrôle sur l'entretien par l'utilisateur final	AISI 430, 304 et 304L	Toutes : AISI 430, 441, 436, 445, 444 AISI 201, 202 S32304, S32101	Attention : AISI 444 >> AISI 430
Couverts et ustensiles de cuisine	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.	AISI 304 AISI 430 AISI 420 (martensitique pour les couteaux)	Toutes : AISI 430, 441, 436, 445, 444 AISI 201, 202 S32304, S32101	Nuance AISI 430 déjà utilisée depuis de nombreuses années sur les couverts gammes inférieures. Bon retour d'expérience, sauf quand accidents (temps de contacts prolongés avec les aliments, contacts entre 2 nuances lors du cycle lave-vaisselle)	

**Tableau 1 : Préconisations de substitution sur la base des résultats des essais de corrosion par piquûre, sans considération d'aspect, de résistance mécanique....**  
*Attention : Ces articles métalliques devront être mis en œuvre avec toutes les précautions d'usage (nettoyages réguliers, utilisation de produits non agressifs, rinçages abondants et fréquents à l'eau, absence d'abrasion de surface...)*