



Centre de recherche de développement et de transfert technologique en acériculture

Siège social

3600, boul Casavant Ouest
Saint-Hyacinthe, Qc, J2S 8E3
Tel : (450) 773-1105
Fax : (450) 773-8461

Bureau de Québec

1140, rue Taillon
Québec, Qc, G1N 3T9
Tel : (418) 643-8903
Fax : (418) 643-8350

Info-fiche acéricole

Info fiche acéricole no 751a1299 :

Propriétés des tôles d'acier inoxydables susceptibles d'être utilisées en érablière

Préparé par : Gaston B. Allard ing., agr.

Info-fiche acéricole	PROPRIÉTÉS DES TÔLES D'ACIER INOXYDABLES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE UTILISÉES EN ÉRABLIÈRE. Par: Gaston B. Allard ing., agr.
no: 751a1299	
Remplace: n/a	

Note : Les termes soulignés dans le texte ou dans les tableaux renvoient à une définition contextuelle qui se retrouve à la section « Glossaire », dernières pages de ce document.

INTRODUCTION

De plus en plus, les équipements servant à l'élaboration (concentration et évaporation), au conditionnement (filtration et entreposage) et même au transport de l'eau et du sirop d'érable (citernes et barils) sont fait de tôles d'acier inoxydable soudées. Sans être les seuls matériaux qui peuvent être utilisés en acériculture, ils représentent généralement le meilleur compromis entre le risque de contamination du produit, la résistance et la durabilité des matériaux et le coût des équipements. Le **Tableau 1** fait la liste des principales applications où des équipements métalliques sont susceptibles de venir en contact avec un produit de l'érable. Pour chacune de ces applications, on trouvera une indication concernant les meilleurs matériaux à utiliser.

Ce virage vers une utilisation généralisée de l'acier inoxydable marque une préoccupation croissante des acériculteurs et de l'ensemble des intervenants du monde acéricole pour appliquer à l'industrie de l'érable des standards qui se rapprochent de plus en plus de ceux normalement appliqués dans le domaine alimentaire en général.

DISTINCTION ENTRE DEUX GRANDES FAMILLES DE NUANCES DE TÔLES D'ACIER INOXYDABLE

Les aciers inoxydables sont des alliages à base de fer (Fe) dont la composition et la structure confèrent des propriétés physiques et mécaniques très variées. Cette grande variabilité a amené l'A.I.S.I (American Institute of Steel and Iron) à définir des standards (Nuance) qui facilitent la sélection des alliages d'acier inoxydable en fonction des contraintes mécaniques, chimiques et thermiques propres à chaque condition spécifique d'utilisation. Les caractéristiques des principales Nuances A.I.S.I pour les tôles d'aciers inoxydables les plus susceptibles d'être utilisées dans le domaine acéricole sont reproduites aux **Tableaux 2A et 2B**.

Au départ, on définit deux grandes familles d'acier inoxydable : les aciers inoxydables de structure austénitique regroupant les nuances A.I.S.I 300 (301 à 348) et les aciers inoxydables de structure ferritique regroupant les nuances A.I.S.I. 400 et 500 (403 à 446, 501 et 502).

Les aciers inoxydables austénitiques contiennent généralement moins de carbone (C), deux fois plus de manganèse (Mn) et surtout, ils contiennent une forte proportion de nickel (Ni) alors que les aciers ferritiques n'en contiennent pas ou très peu. Le **Tableau 3** donne d'ailleurs une description de la composition typique des principales Nuances A.I.S.I.

L'addition de carbone (C) augmente la résistance à la traction ainsi que la dureté de l'acier, le manganèse (Mn) prévient la fragilité à chaud et augmente également la dureté. C'est le chrome (Cr) qui confère à l'acier sa résistance à la corrosion, à l'oxydation ainsi qu'à l'abrasion des surfaces alors que le nickel (Ni) augmente la résistance et le durcissement des aciers.

C'est en fait la présence nickel (Ni) qui sert à distinguer les aciers austénitiques des aciers ferritiques en modifiant, entre autres, leur propriété ferromagnétique. Les aciers inoxydables austénitiques (Nuances A.I.S.I. 301 à 348), en raison de leur enrichissement en nickel (Ni), ne réagissent pas en présence d'un aimant alors que les aciers inoxydables ferritiques (Nuances A.I.S.I. 403 à 503), qui n'en contiennent pas ou très peu, seront sensibles au champ magnétique d'un fer aimanté et vont sembler «l'attirer».

RÈGLES GÉNÉRALES CONCERNANT L'ENTRETIEN DES ÉQUIPEMENTS D'ACIER INOXYDABLE

Contrairement à la croyance populaire, les tôles d'aciers inoxydables peuvent réagir à certains agents chimiques. En acériculture, l'agent chimique le plus responsable de l'altération d'équipements d'aciers inoxydables est le chlore (Cl). On retrouve le chlore principalement dans les solutions de d'[assainissement](#) (hypochlorite de sodium à 600 ppm) ainsi que dans certains acides commerciaux pouvant être utilisés pour le détartrage des casseroles d'évaporation (acide muriatique ou chlorhydrique pure ou en mélange). De tels produits ou même les vapeurs de ces produits ne doivent jamais être en contact prolongé avec quelque Nuance A.I.S.I d'acier inoxydable. Les ions chlore (Cl⁻) s'associent avec certains métaux de l'[alliage](#) et forment des sels solubles. La mise en solution de ces sels forme des pores à la surface qui, dans le cas de tôles minces, peuvent traverser la tôle de part en part. Ces réactions sont naturellement activées par des hautes températures. Cette corrosion en forme de trous d'aiguilles est souvent invisible à l'œil nu mais, comme les pores ont une dimension suffisante pour laisser passer l'eau, elle peut ruiner complètement une casserole d'évaporation.

Ainsi, on ne devrait pas utiliser un bassin d'acier inoxydable pour la préparation et l'entreposage des solutions de [lavage](#) de la tubulure. De la même façon, on ne doit jamais utiliser un produit de nettoyage des casseroles qui contiendrait, ne serait-ce qu'une fraction, d'acide chlorhydrique ou des ses proches dérivés. D'autre part, il faudrait recouvrir de bâches tous les équipements d'acier inoxydable (et préférentiellement les ranger à l'extérieur du local) si on devait traiter un plancher de béton à l'acide muriatique.

Malgré ce qui a été mentionné précédemment relativement au Chlore, il n'y a pas de contre-indication à assainir la surface d'une casserole d'évaporation ou d'un réservoir à l'aide d'une solution diluée d'hypochlorite de sodium (eau de javelle). Pour prévenir le type de corrosion décrit au paragraphe précédent, on doit utiliser une concentration de l'ordre de 600 ppm et limiter le temps de contact entre la solution et les surfaces à assainir au stricte minimum, soit quelques minutes. Il faut donc que cette solution soit rapidement et parfaitement drainée et qu'on procède immédiatement à un rinçage adéquat. Un guide technique décrivant les bonnes procédures de [lavage](#) est édité par le Conseil des Productions Végétales du Québec et disponible à partir de son site Web. (<https://www.geagri.qc.ca/comites/CPVQ/>)

Le fini lisse et parfois même brillant des tôles d'acier inoxydables constitue l'une des propriétés qui les rendent particulièrement utiles dans les domaines alimentaires et qui facilitent leur entretien. Il faut donc éviter d'altérer le fini de surface en utilisant des matériaux abrasifs (laines d'acier, grattoir métallique, papier à poncer...) pour compléter le détartrage des casseroles par exemple. Il serait préférable d'utiliser un agent chimique approprié (selon les spécifications du fabricant) et, si une

action mécanique demeurerait nécessaire, utiliser délicatement des tampons à récurer faits de nylon ou autres matières plastiques.

L'utilisation de bonnes pratiques générales de [lavage](#) et d'[assainissement](#) ne devrait cependant pas soustraire l'acériculteur de l'obligation qu'il devrait se faire **d'exiger de son fournisseur d'équipements un document donnant une description complète et précise de la procédure d'entretien ([lavage](#) et [assainissement](#)) recommandée pour chacun des équipements**. Cette documentation devrait, au minimum, préciser la nature des agents chimiques qui peuvent être utilisés sans risque ainsi que les concentrations limites, les temps de contact, la température de la solution en plus de donner une bonne description des procédures de rinçage recommandées.

Tableau 1. Équipements faits majoritairement de matériaux métalliques et susceptibles de venir en contact avec l'eau, le concentré ou le sirop d'érable

Applications	Cuivre	Laiton	Acier galvanisé	Acier étamé	Aluminium	Nuance AISI acier inoxydable		
						304	316	430
Tubes (Note 1)	NR	(-)	PR	(-)	PR	R	R	R
Raccords	NR	T	PR	(-)	PR	R	R	R
Réservoirs (Note 2)	(-)	(-)	T	(-)	NR	R	R	R
Pompe (corps)	(-)	Eau =PR	PR	(-)	NR	NR	R	R
		Sirop =T						
Pompe (propulseur)	(-)	Eau =PR	PR	(-)	(-)	NR	R	R
		Sirop =T						
Hotte	(-)	(-)	PR	(-)	NR	R	R	T
Préchauffeur	(-)	(-)	(-)	(-)	PR	R	R	R
Casseroles	(-)	(-)	(-)	T	(-)	R	R	NR
Ustensiles (Note 3)	(-)	(-)	PR	R	PR	R	R	T
Filtre (corps) (pression)	(-)	(-)	(-)	(-)	T	R	R	R
Barils	(-)	(-)	T	(-)	(-)	R	R	T

Légende (-) : Généralement non utilisé. Si utilisé pour cette application serait à proscrire.
 PR : Matériau à proscrire (à ne pas utiliser) pour cette application.
 T : Matériau toléré pour cette application. Choisir si possible le matériau recommandé.
 NR : Matériau qui peut être utilisé mais qui n'est pas le meilleur pour cette application
 R : Matériau le mieux adapté pour cette application.

Notes (1) Il s'agit de tubes utilisés pour relier différents équipements (réservoirs à l'osmoseur, réservoirs à l'évaporateur...).

(2) Réservoirs d'eau d'érable, de concentré ou de filtrat d'osmoseur ou citernes de transport.

(3) Siroptière, bain-marie et autres ustensiles servant au conditionnement du sirop.

Tableau 2a. Tableau de sélection générale pour l'application des tôles d'acier inoxydable (Austénitique)

Grade A.I.S.I.	Caractéristiques	Quand et où s'en servir
Nuance 302	Excellente résistance à la corrosion.	Une nuance tout usage pour produits alimentaires, laitiers et chimiques et pour les garnitures architecturales.
Nuance 304	La teneur en carbone est limitée à 0,08% maximum.	Pour application semblable à la nuance 302 mais offrant une résistance supérieure à la corrosion aux niveaux des surfaces touchées par les soudures.
Nuance 321 Nuance 347	Résistance à la corrosion semblable, en général, aux Nuances 302 et 304. Des additifs stabilisateurs l'immunisent contre la corrosion sur les surfaces affectées par la chaleur.	Pour service à des températures élevées (800°F à 1600°F) et dans des conditions rigoureuses de corrosion où les montages soudés ne peuvent pas être recuits par la suite.
Nuance 316	Résistance exceptionnelle à la corrosion. Résistance au fluage améliorée.	Conditions rigoureuses de corrosion spécialement celles comprenant l'espèce corrodante.
Nuance 309	Résistance exceptionnelle à la tension à des températures élevées.	Peut être mis en service à des températures pouvant atteindre 1900°F.
Nuance 310	Résistance supérieure à l'oxydation.	Peut être mis en service à des températures très élevées.

Source : Anonymes, **Acier, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre et laiton.** , Livre de renseignements no 15, Drummond McCall, Portland (US), 1973, 365p.

Tableau 2b. Tableau de sélection générale pour l'application des tôles d'acier inoxydable (Ferritique)

Grade A.I.S.I.	Caractéristiques	Quand et où s'en servir
Nuance 430	Bonne résistance à la corrosion.	Une nuance tout usage pour produits alimentaires, laitiers et chimiques et pour les garnitures architecturales
Nuance 446	Étirage ou estampage médiocre, non recommandé pour emboutissage profond. Excellente résistance à l'écaillage.	Principalement employé à des températures élevées pouvant même atteindre 2000 °F. Pour pièces statiques non exposées à une haute tension.
Nuance 410	Un acier martensitique renforcé par traitement thermique et trempe conventionnelle.	Pièces mécaniques à embrayage telles que les tiges de pompes et de soupapes.
Nuance 403	Même composition de base que la Nuance 410.	Analyse modifiée convenant aux tubes pour turbines et autres applications semblables.
Nuance 405	Même composition de base que la Nuance 410.	Analyse modifiée pour applications exigeant de la soudure sur place et lorsque la trempe à l'air ne peut pas être rectifiée par traitement thermique.
Nuance 501	Durcie par la soudure. Doit être recuit pour reprendre sa malléabilité.	Employé dans les industries du pétrole pour sa solidité et pour sa résistance à la corrosion et à l'oxydation à des températures légèrement élevées.
Nuance 502	Même composition de base que la Nuance 501.	Analyse modifiée, réduit la tendance au durcissement par soudure.

Source : Anonymes, **Acier, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre et laiton.**, Livre de renseignements no 15, Drummond McCall, Portland (US), 1973, 365p.

Tableau 3 Spécifications des analyses chimiques des tôles d'aciers inoxydables

Nuance A.I.S.I.	Carbone (C)	Manganèse (Mn)	Silice (Si)	Chrome (Cr)	Nickel (Ni)	Autres
(Austénitique)						
302	.08/.15	2.00	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	
303	.15 max.	2.00	1.00	17.00/19.00	8.00/10.00	S = .15 max. Mo = .60 max. SE = .15 max
304	.08 max.	2.00	1.00	18.00/20.00	8.00/11.00	
309	.20 max.	2.00	1.00	22.00/24.00	12.00/15.00	
310	.25 max.	2.00	1.00	24.00/26.00	19.00/22.00	
316	.08 max.	2.00	1.00	16.00/18.00	10.00/14.00	Mo = 2.0/3.0
(Ferritique)						
403	.15 max.	1.00	0.50	11.50/13.00		Alum = .10/.30
410	.15 max.	1.00	1.00	11.50/13.50		
430	.12 max.	1.00	1.00	14.00/18.00		
446	.35 max.	1.00	1.00	23.00/27.00		N ² = .25 max.
Note 1 : Pour toutes les nuances exceptée 303 : Phosphore (P) = .04 max. et Soufre (S) = .03 max.						

Source : Anonymes, **Acier, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre et laiton.** , Livre de renseignements no 15, Drummond McCall, Portland (US), 1973, 365p.

Tableau 4. Propriétés nominales des tôles d'aciers inoxydables

Propriétés physiques	Nuances de structure Austénitique (302 à 316)	Nuances de structure Ferritique (403 à 502)
Densité	.28 lb / po ³	.27 lb / po ³
Zone de fusion	2550-2590 °F	2700-2750 °F
Perméabilité magnétique	Non ferromagnétique	Ferromagnétique
Chaleur spécifique (0° à 100°C)	.12 Cal / °C / gm .12 BTU / °F / lb	.11 Cal / °C / gm .11 BTU / °F / lb
Conductivité thermique à 100°C	.03 Cal / cm ² / sec/°C / cm 112 BTU / pi ² / hre /°F / po	.05 Cal / cm ² / sec/°C / cm 175 BTU / pi ² / hre /°F / po
Propriétés physiques	Nuances de structure Austénitique (302 à 316)	Nuances de structure Ferritique (403 à 502)
Charge de rupture (x 1000)	75 à 100 x 1000 lb/po ²	60 à 90 x 1000 lb/po ²
Limite élastique (x 1000)	30 à 60 x 1000 lb/po ²	35 à 65 x 1000 lb/po ²
Résistance à l'abrasion	Bonne	Passable
Façonnage à froid	Bon	Passable à médiocre
Soudure (TIG, MIG)	Très bonne	Bonne à passable

Source : Anonymes, **Acier, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre et laiton.** , Livre de renseignements no 15, Drummond McCall, Portland (US), 1973, 365p.

Tableau 5. Poids théorique des tôles d'aciers inoxydables (toutes Nuances A.I.S.I)

Numéro de Jauge	Épaisseur approximative (po)	Poids Théorique (lb /pi²)
8	0.161 à 0.176	7.2187
9	0.146 à 0.160	6.5625
10	0.131 à 0.145	5.9062
11	0.115 à 0.130	5.2500
12	0.099 à 0.114	4.5937
13	0.084 à 0.098	3.9375
14	0.073 à 0.083	3.2812
15	0.066 à 0.072	2.9531
16	0.059 à 0.065	2.6250
17	0.053 à 0.058	2.3625
18	0.047 à 0.052	2.1000
19	0.041 à 0.046	1.8375
20	0.036 à 0.040	1.5750
21	0.033 à 0.035	1.4437
22	0.030 à 0.032	1.3125
23	0.027 à 0.029	1.1813
24	0.024 à 0.026	1.0500
25	0.019 à 0.023	0.9187
26	0.0178 à 0.0198	0.7875
27	0.0161 à 0.0177	0.7218
28	0.0146 à 0.0160	0.6562

Source : Anonymes, **Acier, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre et laiton.** , Livre de renseignements no 15, Drummond McCall, Portland (US), 1973, 365p.

GLOSSAIRE.

Certains termes, lorsque utilisés dans le contexte de la présente info-fiche, ont souvent un sens particulier. Leur définition est donc précisée dans le glossaire qui suit :

Acier étamé (fer blanc) :

Tôle d'acier recouverte d'une mince couche d'étain par un procédé électrolytique (similaire à la galvanisation) pour la protéger de la corrosion. La difficulté d'approvisionnement en ce type de matériau fait que l'acier étamé n'est plus utilisé par les manufacturiers québécois de matériel acéricole depuis plus d'une vingtaine d'années. Les équipements faits d'acier étamé sont parfaitement compatibles avec l'industrie alimentaire et ne sont pas plus responsables de la contamination du sirop d'érable par des métaux lourds que les équipements faits de tôles d'acier inoxydable soudées avec les mêmes matériaux. Ils sont par ailleurs plus sensibles à la corrosion et moins résistants aux solutions de [lavage](#) très acides. Ils résistent cependant mieux au chlore que la majorité des nuances d'acier inoxydable. (GBA)

Acier galvanisé :

Tôle d'acier protégée de la corrosion par une mince couche de zinc déposée par un procédé électrolytique. Cette couche de zinc peut facilement être solubilisée par des agents chimiques tels que les acides et les sucres réducteurs qui sont présents dans l'eau ou le sirop d'érable ainsi que par les solutions de [lavage](#). En plus de provoquer des résidus de zinc (Zn) dans le sirop, les tôles d'acier ainsi mis à nu rouilleront rapidement. Les équipements d'aciers galvanisés ne devraient pas normalement être utilisés dans l'industrie alimentaire. (GBA)

Alliage(s) :

Produit métallique résultant de l'incorporation d'un ou de plusieurs éléments à un métal. La formation d'un alliage a pour objet d'améliorer les propriétés d'un métal et conduit à la constitution de solutions solides des éléments dans le métal ou de combinaison entre ces éléments et le métal de base. Les plus courants sont ceux de fer (aciers spéciaux, aciers inoxydables), de cuivre (bronze, laiton, cupro-nickel...), de plomb (antifriction) et d'aluminium (bronze d'aluminium, duralumin...). Les alliages légers sont surtout à base d'aluminium et de magnésium. (Larousse)

Assainissement :

[Lavage](#) particulier qui consiste à ajouter à l'eau un bactéricide ou désinfectant pour détruire les microorganismes qui se développent et adhèrent aux surfaces venant en contact avec l'eau d'érable. Si la désinfection est absolument complète, on devrait utiliser le terme "stérilisation" plutôt qu'assainissement (équivalent du terme anglais "sanitation"). (GBA)

Charge de rupture :

Il s'agit de la charge maximale par unité de surface (lb/po^2 ou kg/cm^2) d'une coupe transversale originale qu'un matériau en état de tension peut supporter juste avant une défaillance complète ou une rupture. (Drummond-McCall)

Emboutissage :

Martèlement ou compression à chaud ou à froid d'une pièce de métal pour lui donner une forme déterminée. (*Larousse*)

Façonnage à froid :

Travailler un métal ou un alliage à froid pour lui donner une forme particulière. (*Larousse*)

Fluage :

Déformation lente et permanente en fonction du temps que subit un matériau lorsque soumis à une contrainte permanente à température normale ou plus élevée que la température normale. (*Larousse*)

Fusion (température de) :

Température à laquelle un métal ou un [alliage](#) devient liquide sous l'effet de la chaleur et à une pression donnée. Cette température demeure constante tant que toute la masse de métal n'a pas été liquéfiée. (*GBA*)

Lavage :

Opération qui consiste à ajouter un produit chimique à de l'eau pour solubiliser (matières grasses, polysaccharides ou protéine), dissoudre (minéraux) ou éliminer tous autres types d'impuretés qui souillent les surfaces venant en contact avec l'eau ou le sirop d'érable. (*GBA*)

Limite élastique :

La tension la plus grande (lb/po² ou kg/cm²) qu'un matériau peut supporter sans changement mesurable (allongement) après le déchargement complet de la tension. (*Drummond-McCall*)

Martensitique (acier):

Structure du même type que celle des aciers contenant du martensite, composant résultant de la [trempe](#) des métaux et des [alliages](#). (*Larousse*)

Recuit :

Le recuit est un procédé qui permet d'éliminer les contraintes provoquées par les traitements (thermiques ou mécaniques) que la matière avait pu subir auparavant. Il facilite souvent le travail d'usinage, car il « adoucit » le matériau. Il consiste à chauffer la matière au-dessus du point de transformation, et à la refroidir très lentement, ou encore à la chauffer juste en dessous de ce point, et à la maintenir à cette température de manière prolongée. En fonction de la matière traitée, on décide, après l'avoir chauffée au-dessus du point de transformation, d'une vitesse de refroidissement ou, dans le cas d'une chauffe en dessous de ce point, de la durée de la chauffe. Si le refroidissement, après chauffage au-dessus du point de transformation, est réalisé à l'air, on appelle ce procédé normalisation. (*Encyclopédie® Microsoft® Encarta 98*)

Soudure (TIG, MIG)

Procédé suivant lequel deux ou plusieurs pièces de métal sont assemblées par chauffage. Le procédé de soudage TIG utilise une électrode réfractaire en tungstène, placée dans l'atmosphère d'un gaz inerte, tels l'argon, l'hélium ou l'hydrogène. Ce gaz protège ainsi le métal de l'oxydation. La chaleur de l'arc formé entre l'électrode et le métal fait fondre les bords du métal. On peut ajouter un métal d'apport à la soudure, sous la forme d'une barre métallique nue au niveau de l'arc ou du point de soudure. Ce procédé peut s'appliquer à quasiment tous les métaux et produit une soudure de haute qualité. Néanmoins, la vitesse de soudage est beaucoup plus lente que dans les autres procédés. Dans la méthode soudage MIG, une électrode métallique est protégée de l'atmosphère ambiante par un gaz inerte (de l'argon ou de l'hélium). L'électrode peut être un fil nu ou recouvert de fondant. L'électrode fond en formant des gouttelettes qui se mêlent au métal liquide pour former la soudure. Les métaux les plus courants peuvent être assemblés par ce procédé. (*Encyclopédie® Microsoft® Encarta 98*)

Trempe :

Traitement thermique qui consiste à chauffer un métal, un [alliage](#) ou du verre, jusqu'à une température supérieure au point de transformation du matériau, puis à le refroidir brusquement en le trempant dans de l'eau ou de l'huile ou même, dans le cas de certains aciers dits autotrempants, en les exposant simplement à l'air. Il est également possible de [tremper](#) par induction. Grâce à la [trempe](#), on dote la matière de particularités dites métastables, qu'elle ne présente pas habituellement à température ambiante ; la matière conserve ainsi l'organisation moléculaire qu'elle prend à haute température, sans pour autant que sa structure physico-chimique soit modifiée. Certains métaux ainsi traités acquièrent des caractéristiques de dureté nettement supérieures à celles du métal non trempé. En revanche, ils deviennent cassants. Le réchauffement à une température inférieure réduit la dureté mais améliore la résistance. D'autres métaux comme le bronze deviennent plus souples lorsqu'on les [trempe](#). (*Encyclopédie® Microsoft® Encarta 98*)