

Checklists pour la bonne utilisation des matériaux dans les stations d'épuration

E. Géraud*, D. Bindschedler**

* Institut du Développement de l'Inox – I.D.Inox
Immeuble Galilée - Av. Marcellin Berthelot
F-44822 Saint-Herblain Cedex – France

** Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz – SGK
Technoparkstrasse 1
CH-8005 Zürich

Résumé

La qualité des eaux rejetées par les stations d'épuration sont devenues d'une importance cruciale dans nos sociétés pour conserver un bon niveau de qualité de l'eau des milieux naturels. C'est le principe fondateur de la directive européenne sur les eaux résiduaires urbaines. Il en résulte notamment pour les usines d'assainissement : un niveau élevé de performance pour garantir la qualité des effluents rejetés, une grande fiabilité pour éviter des pannes ou des dysfonctionnements dont l'impact sur l'environnement serait désastreux. En parallèle, les dispositions réglementaires européennes imposent que le choix des prestataires retenus dans les appels d'offres publics ne soit plus basé uniquement sur le coût (moins disant) mais intègre des notions de qualité (mieux disant).

Il a été constaté que le plus grand nombre des problèmes de corrosion survenant dans des stations d'épurations étaient dus à un manque de coordination entre les différents professionnels (maître d'ouvrage, exploitant...), et à une mauvaise adaptation aux évolutions des pratiques. Il apparaît donc important de veiller à ce que les professionnels du domaine de l'eau aient tous les outils pour travailler efficacement dans le respect des réglementations, et économiquement en termes de coût global.

L'idée de ce travail est de proposer des recommandations couvrant la conception, la mise en œuvre, et l'exploitation des stations d'épurations. Des fiches inspirées de celles réalisées dans « le guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eau » (ASTEE et IDInox) ont été mises au point. Ces checklists permettent de définir des rôles et tâches bien séparées. Elles donnent les points-clés à prendre en compte, par chaque professionnel, pour la bonne utilisation des matériaux dans les stations d'épuration. Le but étant d'éviter les erreurs, et les coûts associés, lors de la conception ou lors d'un changement de procédé.

1. Introduction

Devant l'importance et les besoins de qualité des eaux rejetées par les stations d'épuration, la directive européenne sur les eaux résiduaires urbaines impose un niveau élevé de performance et de fiabilité pour éviter des pannes ou des dysfonctionnements.

Il a été constaté que le plus grand nombre des problèmes de corrosion survenant dans des stations d'épurations étaient dus à un manque de coordination entre les différents professionnels (maître d'ouvrage, exploitant...), et à une mauvaise adaptation aux évolutions des pratiques. Cela signifie qu'il existe un problème de communication, et que les acteurs n'ont pas toujours une bonne connaissance de leurs responsabilités, ou de celles des autres, pour garantir un fonctionnement optimal. De ce fait, lors d'un changement dans le procédé de

traitement des eaux, les acteurs impliqués ne sont pas toujours conscients ou avertis quant à leur rôle, ceci pouvant mener à des problèmes de corrosion.

Il semble donc important que les professionnels du domaine de l'eau aient tous les outils pour travailler efficacement dans le respect des réglementations, et économiquement en termes de coût global.

La commission corrosion de l'ASTEE a confié à un groupe de travail rassemblant différents experts, venant notamment des secteurs d'activité de l'eau potable, de l'acier inoxydable et d'autres, la mission de dresser en quelque sorte « un bilan » des expériences diverses acquises sur l'utilisation des aciers inoxydables dans le domaine de la fourniture d'eau potable. Le groupe de travail a publié un recueil en deux parties, en 2003 puis 2007, de bonnes pratiques intitulé « Guide pour l'utilisation de l'inox dans les réseaux d'eau ».

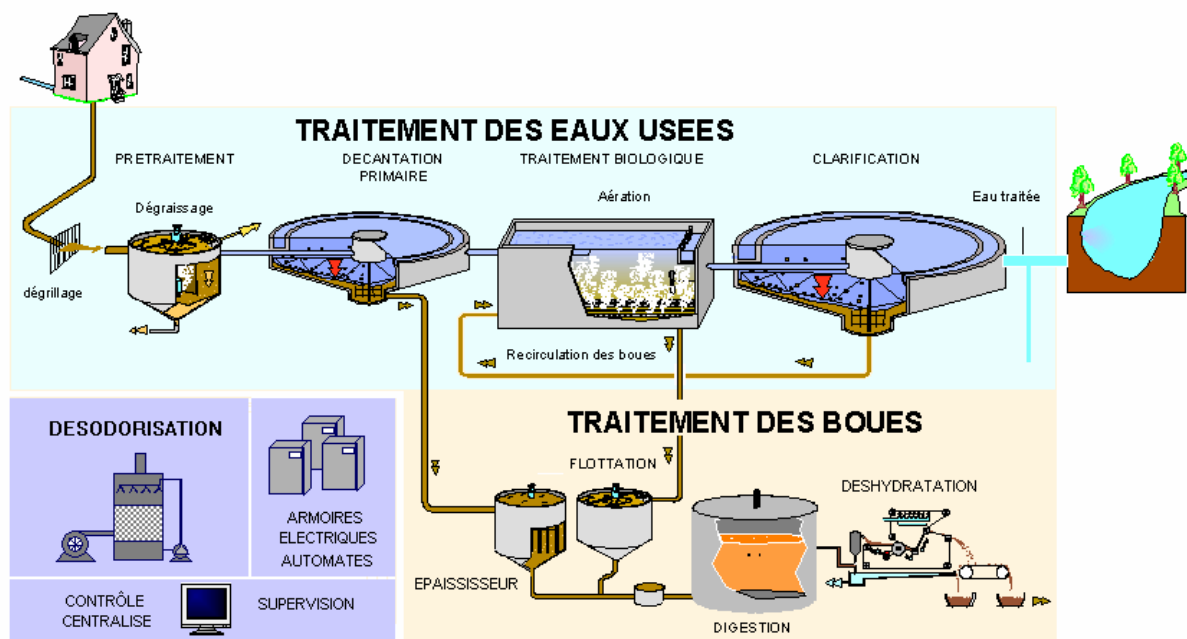
Au sein du secteur D du CEOCOR, nous proposons de nous inspirer de ce guide pour produire des « Checklists pour la bonne utilisation des matériaux dans les stations d'épuration », en anglais. L'approche consiste à mettre au point une grille rassemblant les points importants à prendre en compte par les différents acteurs intervenant lors des étapes successives de conception, installation, et exploitation de stations d'épuration.

2. L'assainissement

Sous le terme assainissement, se retrouvent la collecte, le transport et le traitement des effluents urbains, ainsi que leur rejet dans l'environnement.

Collectés à partir d'un réseau unitaire ou séparatif, selon que les eaux usées et les eaux de pluie empruntent les mêmes canalisations ou non, les effluents sont traités avant d'être rejetés dans le milieu naturel.

Les grandes étapes de l'assainissement sont : le relevage, le prétraitement, la décantation, le traitement (biologique ou physico-chimique), la clarification et la désinfection et/ou traitement tertiaire.



Les phénomènes d'altération par la corrosion des structures métalliques et en béton armé sont nombreux dans les stations d'épuration [1]. Ceux-ci entraînent des dysfonctionnements et des surcoûts d'exploitation auxquels s'ajoutent les frais de réparation.

La corrosion se manifeste avec des intensités variables, et avec des origines nombreuses. Les moyens de s'en affranchir sont également multiples.

Il est effectivement possible de se protéger en combattant les effets de la corrosion sur les matériaux, en appliquant des revêtements métalliques (galvanisation), inorganique (émail), ou organique (peinture époxy...). La protection cathodique permet également de contrer les attaques de la corrosion sur les installations.

Une autre approche consiste à prévenir la corrosion en utilisant des matériaux qui résistent à la corrosion dans les conditions d'utilisation, c'est le cas de certains polymères et des aciers inoxydables.

3. Rappels sur les aciers inoxydables destinés aux stations d'épuration

Dans le domaine de l'assainissement, différents matériaux sont couramment utilisés dans les installations :

Le béton armé

Les matériaux polymères (PVC, PE, PP, Polyester renforcé fibre de verre...)

La fonte ductile

L'acier inoxydable

L'acier galvanisé

Les aciers revêtus (ciment, PE, PP, époxy...)

Parmi ceux-là, l'inox tient une place importante. En effet, alors que dans le domaine de la distribution des eaux destinées à la consommation humaine, l'usage des aciers inoxydables (inox) est resté limité, dans les stations d'épuration, l'inox est déjà présent et de plus en plus utilisé. Il s'est imposé dans de nombreuses installations grâce à la combinaison de sa résistance supérieure à la corrosion et de ses propriétés mécaniques. Cependant certains maîtres d'ouvrage restent encore réticents à son utilisation pour des raisons de coûts et de mauvais retours d'expériences.

Dans le contexte de développement durable, les dispositions réglementaires européennes imposent que le choix des prestataires retenus dans les appels d'offres publics ne soit plus basé uniquement sur le coût (moins disant) mais intègre des notions de qualité (mieux disant). Rappelons que la fiabilité des installations occupe une place croissante dans le choix des prescripteurs.

Dans ces conditions, l'emploi de l'inox représente une très bonne alternative, à condition toutefois d'être correctement utilisé, c'est-à-dire notamment de respecter quelques règles simples de mise en œuvre et d'utilisation. De plus, il offre une grande variété d'utilisations potentielles, en dehors des installations en contact direct avec les effluents : équipements divers tels que passerelles, rambardes de sécurité, armoires électriques... A ces avantages s'ajoutent des frais de maintenance réduits, une valorisation en fin de vie, et une neutralité vis-à-vis de l'eau : il ne rejette pas de substances.

L'acier inoxydable pourrait pourtant être encore plus utilisé dans ce secteur ; les utilisateurs potentiels paraissent parfois avoir du mal à franchir le pas, faute de trouver réunis une information pratique fiable et des conseils avisés sur l'emploi des inox. Ceux-ci sont souvent dispersés et nécessitent alors, de l'utilisateur potentiel, un investissement personnel important pour les rassembler et les mettre efficacement en application. Une connaissance insuffisante,

voire une totale méconnaissance des aciers inoxydables est, la plupart du temps, à l'origine de nombre d'erreurs et de défaillances qui tendent à discréditer encore le matériau.

Dans certains pays européens comme la France, la Suisse, l'Allemagne, l'utilisation de l'inox en assainissement est croissante, ses propriétés et ses qualités intrinsèques commençant à être reconnues. Dans les autres pays européens, il reste encore des efforts à faire pour arriver à démocratiser l'emploi d'inox..

Différentes raisons sont avancées pour expliquer la prudence quant à l'utilisation de l'acier inoxydable dans les installations : le coût du matériau, certaines difficultés à approvisionner la nuance souhaitée, un surcoût de la main-d'œuvre (recours à des entreprises spécialisées en chaudronnerie, en soudure, pour l'installation, etc.)

3.1. Les idées fausses

L'acier inoxydable ne signifie pas inaltérable. Il existe un grand nombre de nuances d'inox, qu'il faut choisir judicieusement en fonction de l'application souhaitée.

Si les nuances sont correctement choisies, mises en œuvre et utilisées, il n'y aura pas de problèmes de corrosion. Toutefois, dans de mauvaises conditions d'utilisation, les inox peuvent se corroder. Il est donc important de veiller à bien définir l'environnement dans lequel le matériau va se trouver, et à soigner la mise en œuvre, l'installation, et l'entretien.

3.2. Qu'est ce qu'un acier inoxydable?

Un inox n'est pas en soi un matériau noble (au sens électrochimique du terme), comme l'or ou le platine. Ce qui lui confère sa résistance à la corrosion, c'est l'existence d'une couche protectrice superficielle (figure 1) appelée « couche passive », auto-reconstituante, qui a la propriété de le protéger du milieu environnant (état passif). C'est pourquoi l'inox n'a pas besoin d'être revêtu.

Pour être précis un acier « inoxydable » devrait s'appeler scientifiquement « acier passivable ». Lorsqu'elle a été attaquée et détruite localement (rayure par exemple), la couche a la propriété de se reconstituer spontanément dans n'importe quel milieu oxydant, comme l'eau ou l'air. En revanche, lorsque les conditions locales ne permettent pas à cette couche passive de se reformer, il y a corrosion. Il est donc impératif que les surfaces en inox restent propres, en particulier elles ne doivent pas être déjà oxydées, sinon la passivation ne se fait pas correctement.

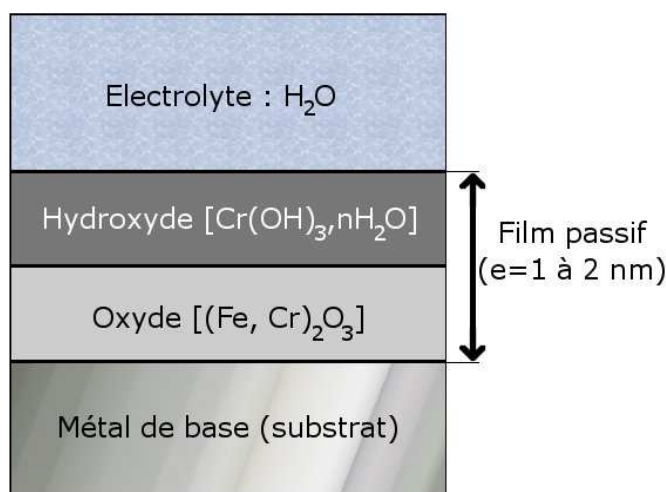


Figure 1 : Représentation schématique de la couche passive

Pour qu'un acier soit passivable, ou considéré comme appartenant à la famille des aciers inoxydables, il doit contenir plus de 10,5% de chrome. Pour une utilisation dans les eaux destinées à la consommation humaine, il doit en contenir au moins 13%. C'est le chrome qui permet la formation de la couche passive.

A cet élément essentiel peuvent s'ajouter en quantités variables d'autres éléments d'alliages comme par exemple :

- le nickel qui améliore la résistance à la corrosion généralisée et la déformation à froid
- le molybdène qui améliore la qualité et les propriétés de la couche passive et la résistance à la corrosion par piqûres

Si la nuance n'est pas stabilisée au titane, elle doit impérativement contenir moins de 0,03% de carbone pour être apte au soudage.

En revanche, certains éléments d'additions comme le soufre (qui par ailleurs améliore l'usinabilité) sont déconseillés pour un usage au contact de l'eau.

3.3. L'eau et les aciers inoxydables

Les inox résistent généralement bien à la corrosion grâce à leur couche passive, et ce même dans des milieux corrosifs. Toutefois, s'ils sont mal utilisés, ils peuvent développer une corrosion localisée, appelées « corrosion cavernueuse ».

Ce n'est pas le matériau en soi, mais une transformation de la composition du milieu dans les zones confinées qui est à l'origine de cette corrosion. Tandis que dans les zones confinées (cavernes) se produisent des réactions anodiques de dissolution, à l'extérieur se produisent des réactions cathodiques de réduction. Cette dissolution a pour conséquence une acidification progressive du milieu confiné. Dans cette zone, l'inox initialement exposé à de l'eau se retrouve progressivement en contact avec de l'acide chlorhydrique de plus en plus concentré, jusqu'à la rupture de la couche passive.

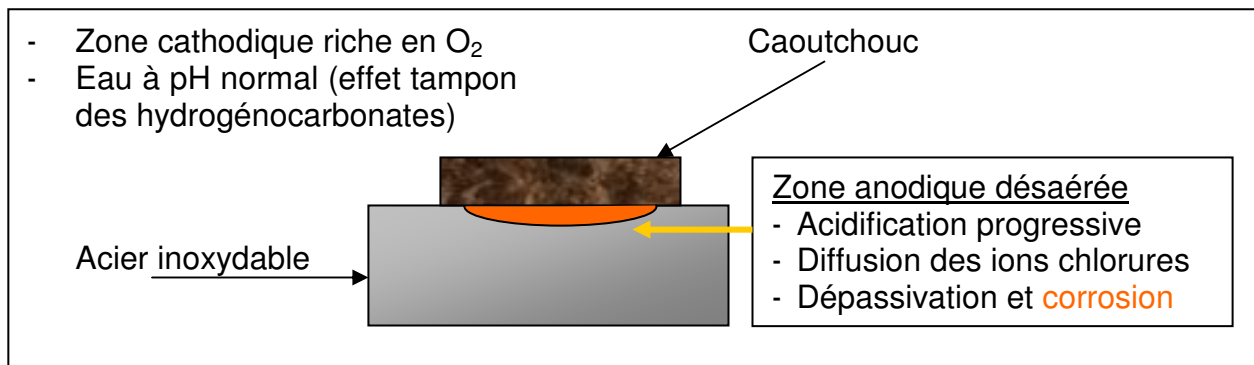


Figure 2 : Représentation schématique du phénomène de corrosion cavernueuse

La corrosion s'amorce lorsque le pH de la caverne descend en dessous d'une valeur provoquant une rupture du film passif appelée pH_d . La valeur de pH_d dépend de la composition de la nuance. Les éléments d'alliage tels que le chrome et le molybdène ont pour effet d'abaisser le pH_d et d'améliorer ainsi la résistance à la corrosion.

3.4. Conception et utilisation

Dans la conception des installations et leurs conditions de fonctionnement, il faut :

- considérer les formes et la mise en œuvre de ces formes : éviter les formes trop complexes, surtout si elles peuvent contribuer à créer des milieux confinés (ex. : bras morts) favorables au développement de la corrosion cavernueuse.

- bannir la mise en contact avec des particules ferreuses (limailles, poussières, copeaux...), avec des outillages en aciers au carbone, que ce soit en fabrication, en stockage, ou en service. Si le cas se présente, une décontamination appropriée permet d'éliminer ce problème.
- veiller à la constance des conditions d'utilisation.
- ne pas changer de produit de nettoyage en cours d'utilisation sans savoir si ce dernier est adapté à la nuance d'inox employée.
- ne pas changer la température d'utilisation des produits de nettoyage et de désinfection (eau de javel notamment)
- ne confier les opérations de soudage qu'à des opérateurs qualifiés et certifiés. Le non respect des règles de l'art en matière d'assemblage (soudure notamment) peut causer la perte des propriétés de résistance à la corrosion.
- veiller à éviter les couplages galvaniques dans les assemblages entre matériaux métalliques, isoler les pièces électriquement si besoin.

Tous ces aspects sont développés dans la bibliographie [2,3,4,5,6].

3.5. Les nuances à utiliser

Les aciéristes ont développé des quantités de nuances d'aciers inoxydables pour répondre aux besoins spécifiques des fabricants de matériels [7,8,9]. Dans l'assainissement, un nombre limité de nuances classiques sont utilisées de manière courante (Cf. Tableau 1) [10]. Le choix de la nuance est bien entendu fonction de l'environnement dans lequel les pièces vont se trouver (air libre, H₂S, immersion cyclique,...)

Pour l'utilisation dans les eaux, les états de surface 2B sont suffisants [8].

Les produits du marché répondant aux normes présentent des qualités très différentes : il est important de s'assurer d'une parfaite traçabilité qui garantit la nuance et sa conformité à la norme européenne.

Normes européennes		Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	Famille d'inox	Résistance à la corrosion
Symbolique	Numérique					
X5CrNi 18-10	1.4301	17 à 17,5	8 à 10,5		austénitique	
X2CrNi 18-9	1.4307	17,5 à 19,5	8 à 10		austénitique	
X5CrNiMo 17-12-2	1.4401	16,5 à 18,5	10 à 13	2 à 2,5	austénitique	
X2CrNiMo 17-12-2	1.4404	16,5 à 18,5	10 à 13	2 à 2,5	austénitique	
X6CrNiMoTi17-12-2	1.4571	16,5 à 18,5	10,5 à 13,5	2 à 2,5	austénitique	
X1NiCrMoCu25-20-5	1.4539	19 à 21	24 à 26	4 à 5	austénitique	
X2CrNiMoN 22-5-3	1.4462	21 à 23	4,5 à 6,5	2,5 à 3,5	duplex	

Tableau 1 : Principales nuances d'acier inoxydables à utiliser en assainissement

3.6. Identification des nuances au molybdène

Lorsque le fabricant, l'installateur... reçoit un produit ou un matériel en inox, il lui est difficile d'être certain que la nuance qu'on lui livre correspond à sa demande : inox au molybdène (1.4404, 1.4401) ou sans molybdène (1.4301, 1.4307).

Il existe dans le commerce des réactifs (liste disponible sur www.idinox.com) permettant de différencier les deux types de nuances à réception du métal.

Ces produits permettent par une application localisée (surface #1cm²) de révéler en quelques minutes selon un changement de couleur la présence ou non de molybdène dans l'inox.

3.7. La contamination ferreuse

La contamination ferreuse est due à la présence de particules ferreuses (par exemples poussières, limailles...) sur des produits en inox. En atmosphère humide, ces particules vont s'oxyder rapidement et provoquer à terme une altération de la couche passive de l'inox engendrant une corrosion localisée. Outre les mesures préventives et curatives [11,3,5,12,13], il est nécessaire, pour éviter ce type de désagrément, d'éliminer cette présence en nettoyant (décontamination) systématiquement et rapidement l'inox dès qu'il a été en contact avec des particules ferreuses. Dans la mesure du possible, il est conseillé d'utiliser des inox recouverts d'un film pelable et de maintenir le film en place aussi longtemps que nécessaire. Le stockage des tôles revêtues d'un film pelable doit être inférieur à 6 mois (leur enlèvement pouvant s'avérer délicat au-delà) et se fera dans un endroit sec et à l'abri du soleil. Si une corrosion de l'inox survient, lorsque la contamination a été détectée tardivement, il est nécessaire de le décontaminer par un décapage (chimique et/ou mécanique) suivi d'une passivation.

3.8. Le soudage des inox austénitiques

Dans les installations de production d'eaux potables, les nuances austénitiques sont pratiquement les seules réellement utilisées. Ces nuances présentent une excellente soudabilité opératoire. Cela ne dispense pas d'employer des soudeurs parfaitement qualifiés sur aciers inoxydables austénitiques. Les principes de soudage sont comparables à ceux des aciers au carbone, mais les paramètres de soudage sont différents [14].

Quel que soit le procédé de soudage utilisé, il faut réaliser, après ce dernier, un décapage (élimination de toute trace d'oxydation) des soudures tant de l'endroit que de l'envers, soit localement à l'aide de pâtes, soit par immersion dans un bain (pièces petites et moyennes), soit par pulvérisation (grands ensembles), soit par circulation (conduites). Après cette opération, il faut procéder à la passivation (reconstitution de la couche passive) en utilisant les mêmes techniques. Après chaque opération (décapage ou passivation), il faut procéder à un rinçage à l'eau claire.

4. Les fiches du guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eau de l'ASTEE et I.D.Inox

Comme il a été souligné précédemment, l'idée est d'utiliser la trame des fiches élaborée par le groupe de travail de l'ASTEE pour les réseaux d'eau potable, et de les adapter au domaine de l'assainissement. Ces fiches sont regroupées dans des « Checklists pour la bonne utilisation des matériaux dans les stations d'épuration ».

Elles ciblent particulièrement les professionnels qui vont intervenir dans la réalisation d'un appareillage, ou d'une installation complète, d'une station d'épuration. C'est-à-dire les maîtres d'ouvrages, les bureaux d'études, les fabricants, les installateurs et bien sûr les exploitants, comprenant leurs services de maintenance et d'entretien.

L'objectif est de donner les éléments à prendre en compte par chaque acteur au cours des étapes du projet, de la conception à l'exploitation, pour éviter la corrosion des installations. Il est également de permettre aux professionnels de se situer les uns par rapport aux autres, de mieux comprendre les attentes des autres intervenants et leurs obligations respectives. Le document se veut donc un outil apportant des points de repères permettant une bonne concertation et facilitant les échanges. Le souhait est de donner les éléments permettant d'éviter, ou du moins d'identifier, rapidement les dysfonctionnements et de trouver la solution.

La première fiche indique les points importants à prendre en compte par le maître d'ouvrage. Dans les autres tableaux, ce sont les attentes du maître d'œuvre envers les autres intervenants qui sont regroupées. Pour chaque acteur, une liste d'éléments importants à prendre en compte au cours de son intervention pour éviter la corrosion est proposée. Du concepteur à l'exploitant, chaque professionnel a une fiche qui lui est dédiée.

Des remarques et recommandations sont associées aux différents points.

C'est une première ébauche des fiches qui est présentée ici. Les différents points et remarques demandent à être précisés et complétés avec l'aide de professionnels de l'assainissement.

A titre d'exemple, la fiche du concepteur est donnée ci-dessous.

La liste des points à considérer peut sembler contraignante et représenter des surcoûts ou une surcharge de travail à première vue. Cependant, les professionnels savent que c'est en respectant un certain nombre de règles que la qualité, la durabilité, et donc des économies peuvent être garanties.

Checklist N°3

Expectations from the designer

What we expect from the designer	Points taking in consideration	Remarks and examples (non exhaustive)
Define working conditions of components	Medium (water, sludge, gas)	To know the chemical composition, pH, conductivity, particles in suspension... Check that the fluid nature (temperature, oxidizing power, iron chloride...) fits with the selected materials
	Temperature cycle	To take in consideration the thermal expansion and condensation effects
	Operating conditions	To think of the risks related to corrosion, fatigue, vibrations...
	Circulation conditions	To think of the risks related to stagnant fluids, abrasion (filters)
	Surrounding environment	To know the atmospheric conditions (rural, marine, industrial, tropical...) and the environment (buried material, contact with other materials...)
	Construction site constraints	Design the installation according to openings, material handling, space available
Define measures to avoid corrosion damages (concept of corrosion protection)	Work with corrosion expert	
	Choice of materials (including coatings)	Availability of some materials in small quantities (dealers) Availability of products in the chosen material (thicknesses, diameters...) Manufacturing on site
	Compatibility between different materials	Avoid galvanic corrosion
	Cathodic protection	Active / passive Avoid interferences with the surrounding installations
	Compatibility with the electrical concept of the plant	Type of grounding system, eventually use of special power supply devices
	Evaluation of failure consequences	Pollution hazard
Competence in the design rules with the chosen materials and protective measures	Knowledge of material properties and protection methods	To possess material information guides, to have contact with experts
	Works realized on construction site	To take in consideration the site constraints (accessibility, atmospheric conditions) for the definition of assembled elements and final installation Prefabricate coated parts preferably in factory
	Means of material handling, transportation, and storage	Use of appropriate tools To take in consideration the site constraints (stealing, place, atmosphere...) Requirement of temporary protections
Elaboration of tender, control procedures (insurance quality)		
Inspection and maintenance planning	Cleaning and maintenance during service	Elaboration of documents, data reports To design equipments easy to clean

5. Conclusion

Il existe différentes techniques et matériaux pour se protéger de la corrosion, et quelques-uns pour s'en prévenir. Dans tous les cas, il est primordial de respecter le savoir-faire associé à la technique, aux matériaux, pour avoir la garantie des résultats et donc de la durabilité face à la corrosion. Un certain nombre de dysfonctionnements peuvent être associés à une méconnaissance des matériaux ou à une vision trop restreinte du concept de corrosion dans les installations. Il semble donc important de définir les points importants et recommandations à considérer par chaque intervenant pour éviter les risques de corrosion, et permettre aux installations de perdurer dans le temps à moindres frais.

6. Bibliographie

- [1] « Réseaux et ouvrages publics d'assainissement - altération et corrosion, prévention et protection » CEOCOR (2007)
- [2] Cunat P.-J. « Les aciers inoxydables » Techniques de l'ingénieur
- [3] « Les aciers inoxydables » Editions de physique (1990)
- [4] CETIM « Choix et mise en œuvre des aciers inoxydables dans les industries agro-alimentaires et connexes » TEC & DOC Lavoisier
- [5] « Les aciers inoxydables – Propriétés, mise en œuvre, emploi, normes » TEC & DOC Lavoisier (1990)
- [6] « Entretien des aciers inoxydables dans les applications alimentaires ou sanitaires – Référentiel de bonne pratique (RP A 36-720) » AFNOR (2001)
- [7] NF EN 12502-4 : « Protection des matériaux métalliques contre la corrosion – Risques de corrosion dans les installations de distribution d'eau – Partie 4 : Considération des facteurs influents pour les aciers inoxydables »
- [8] NF EN 10088 (1-2-3) « Aciers inoxydables (Partie 1 : liste des aciers inoxydables ; Partie 2 : conditions techniques de livraison des tôles et bandes pour usage général ; Partie 3 : conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machine et profils pour usage général) »
- [9] « P.-J. Cunat : « The Euro-Inox Handbook of Stainless Steel » SIRPE (2002)
- [10] « Aide à l'utilisation de matériel inox en assainissement » I.D.Inox & AITF (2007)
- [11] Cunat P.-J. (avec le concours des compagnons du devoir) : « Travailler les aciers inoxydables » SIRPE (1998)
- [12] « Guide pour l'utilisation des aciers inoxydables dans les réseaux d'eau » ASTEE, Euro-Inox, I.D.Inox (2003)
- [13] « Le bon usage de l'inox dans le bâtiment » ; « Le décapage et la passivation de l'acier inoxydable » Euro-Inox
- [14] Moiron J.-L. (avec le concours de B. Bonnefois et P.-J.Cunat : « Souder l'acier inoxydable » SIRPE (2000)