

ETUDE DES TECHNIQUES DE COLLECTE DE SARGASSES

Mission 2 : Evaluation de la durée
de vie du matériel
Tome 2 – Préconisation

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Nov.
2022



EXPERTISES

Rédacteur : Astrid Chanteur en collaboration avec Mme Wech Pauline et Mr Bonte Benoit, société SUEZ CONSULTING. Publication décembre 2022.

Cet ouvrage est disponible en ligne <https://librairie.ademe.fr>

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 21MAG026

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par Mme Astrid Chanteur de SUEZ Consulting

Coordination technique - ADEME : Marine Marie-Charlotte, Mélanie Cueff

SOMMAIRE

1. PROPOSITIONS DE SOLUTIONS POUR OPTIMISER LA DUREE DE VIE DU MATERIEL	2
1.1 Optimiser la phase de conception du matériel pour limiter l'exposition au phénomène de corrosion.....	2
1.2 Installer des ouvrages de protection cathodique	4
1.2.1 Les anodes sacrificielles.....	4
1.2.2 La protection cathodique par imposition de courant.....	5
1.3 Appliquer un revêtement protection sur le matériel	5
1.3.1 Revêtements métalliques	6
1.3.2 Revêtements polymériques.....	6
1.3.3 Revêtement par peintures successives	7
1.4 Procéder à un entretien rigoureux du matériel	10
ANNEXES.....	11
Annexe 3 : Fiches mémo.....	11
INDEX DES FIGURES	14

1. Propositions de solutions pour optimiser la durée de vie du matériel

Au regard de la composition et des conditions d'usage du matériel de collecte de sargasses, objet de la présente étude, l'influence du phénomène de corrosion marine apparaît comme étant non négligeable sur sa durée de vie.

Les risques de corrosion étant relativement élevés dans le cadre des opérations de collecte, il est primordial de veiller à ce que cette dernière ne puisse pas s'installer. Ce compte tenu des implications en termes de temps et de coûts relatifs aux actions correctives lors de l'exploitation (mise au sec, durée d'immobilisation pour arrêt technique, réfection des revêtements...). Le risque de corrosion peut être limité par le biais d'actions préventives lors de la phase d'exploitation du matériel ou en phase amont :

- En l'anticipant : il s'agit de prévoir des moyens techniques et structurels permettant de limiter sa survenue et propagation. En effet, la mise en œuvre de procédés de fabrication et de protections adaptées du matériel apparaît essentielle pour anticiper le risque de corrosion dès la phases de conception et de construction.
- En la traquant : il s'agit de rechercher dans les moindres recoins du matériel, en particulier dans les zones sensibles et vulnérables, les traces d'oxydation et de dégradation ;
- En la traitant : dès qu'une zone corrodée est repérée, elle doit être notée dans un historique (date, type et nature de la corrosion, étendue, actions entreprises...) puis, si possible immédiatement, être stabilisée pour éviter toute propagation et aggravation.

Pour ce faire, des solutions techniques sont proposées et détaillées ci-après. En complément, des fiches mémo sont versées en **annexe 3** sur les moyens d'optimiser la durée de vie du matériel aux différents jalons du cycle de vie du matériel de collecte de sargasses.

1.1 Optimiser la phase de conception du matériel pour limiter l'exposition au phénomène de corrosion

La forme ou composition d'un dispositif est susceptible d'influer sur sa prédisposition à la corrosion.

Il apparaît opportun de lutter directement contre l'exposition à l'agent corrosif, c'est-à-dire l'eau de mer. Dans le cadre d'ouvrages neufs, il convient par conséquent de concevoir les structures de sorte que la corrosion ne puisse facilement se produire à un endroit donné (piège à corrosion) d'où elle peut s'étendre.

Cela peut passer par le recours, dès la phase de conception, à des dispositions constructives spécifiques. Il peut s'agir de pièces ou montages mécaniques de telle sorte à limiter le risque de corrosion due à une stagnation de l'eau de mer. On peut alors parler de « protection conceptuelle » du matériel. Par exemple, il convient de :

- **Favoriser des matériaux au potentiel de corrosion limité (type polymères thermoplastiques ou thermodurcissables) :**

Dans la conception des dispositifs, il convient de limiter le recours à des pièces d'alliage métalliques particulièrement vulnérables au risque de corrosion marine. Le remplacement par des pièces en polymères. A titre d'exemple, le polypropylène (PP), sorte de résine thermoplastique obtenue par polymérisation du propylène, est un polymère industriel utilisé dans les nouveaux procédés de fabrications dans de nombreux secteurs (emballage, industrie automobile, électroménager, sanitaire, textile...).

Le polypropylène (PP) est, comme le polyéthylène (PE), le poly(chlorure de vinyle) (PVC) et le polystyrène (PS) un thermoplastique de grande diffusion. Sa production représente plus du cinquième de la production totale mondiale des matières plastiques. Son développement exceptionnel au cours des dernières décennies est dû à une amélioration constante des procédés industriels de fabrication, à ses propriétés intéressantes dont sa température de fusion (130 à 170 °C), à la possibilité de faire varier largement ses propriétés en le copolymérisant de différentes manières et en lui ajoutant charges et renforts².

¹ https://www.inrs.fr/publications/bdd/plastiques/polymere.html?reflNRS=PLASTIQUES_polymere_19

² <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/matieres-thermoplastiques-monographies-42147210/polypropylenes-pp-am3320/>

Certains fabricants de dispositifs de collecte des sargasses envisagent d'ores et déjà le recours à ce type de matériaux pour suppléer certains matériaux de composants jugés vulnérables au risque de corrosion. On peut citer l'usage de HDPE ou de PP GF 40 (polypropylène renforcé à 40 % de fibres de verre) en cours d'application par le constructeur de barrages en mer CUBI SYSTEM© sur certains composants des points d'accroche (« oreilles ») aux jonctions de ses dispositifs.

Si la résistance au risque de corrosion n'a pas encore été démontrée sur le long terme, il apparaît que par sa composition ce type de dispositions constructives se présente comme une alternative intéressante.



Figure 1 : Ancien composant en alliage métallique avec début de corrosion (à gauche), nouveau composant en PP GF 40% (au centre et à droite) du barrage CUBI SYSTEM©

- Concevoir des ouvrages permettant un écoulement fluide ou une évacuation de l'électrolyte à l'origine du phénomène de corrosion (eau de mer) :

Lors de la phase de fonctionnement de certains dispositifs, l'apparition de corrosion par piqûres ou crevasse est générée par la stagnation de l'eau de mer au droit du dispositif ou engins de collecte.

Il serait intéressant de concevoir des récipients ou réservoirs ne favorisant pas la stagnation de l'eau de mer préjudiciable au matériel. Ce pourrait être par exemple pour les bennes de camions ou autres engins susceptibles de recevoir des algues sargasses non essorées :

- La mise en place de goulottes d'évacuation au droit des réceptacles ;
- La mise en œuvre d'un double fond au niveau des réceptacles : le premier fond (ou socle de support) serait perforé pour permettre l'essorage de la sargasse par percolation, tandis qu'un deuxième fond en matériau à haute inertie recevrait l'eau de mer qui serait évacuée gravitairement par une goulotte. Chaque socle pourrait être pourvu d'un revêtement de protection et serait amovible par système de glissières ou charnière afin de pour en assurer l'entretien ou la réfection du revêtement.

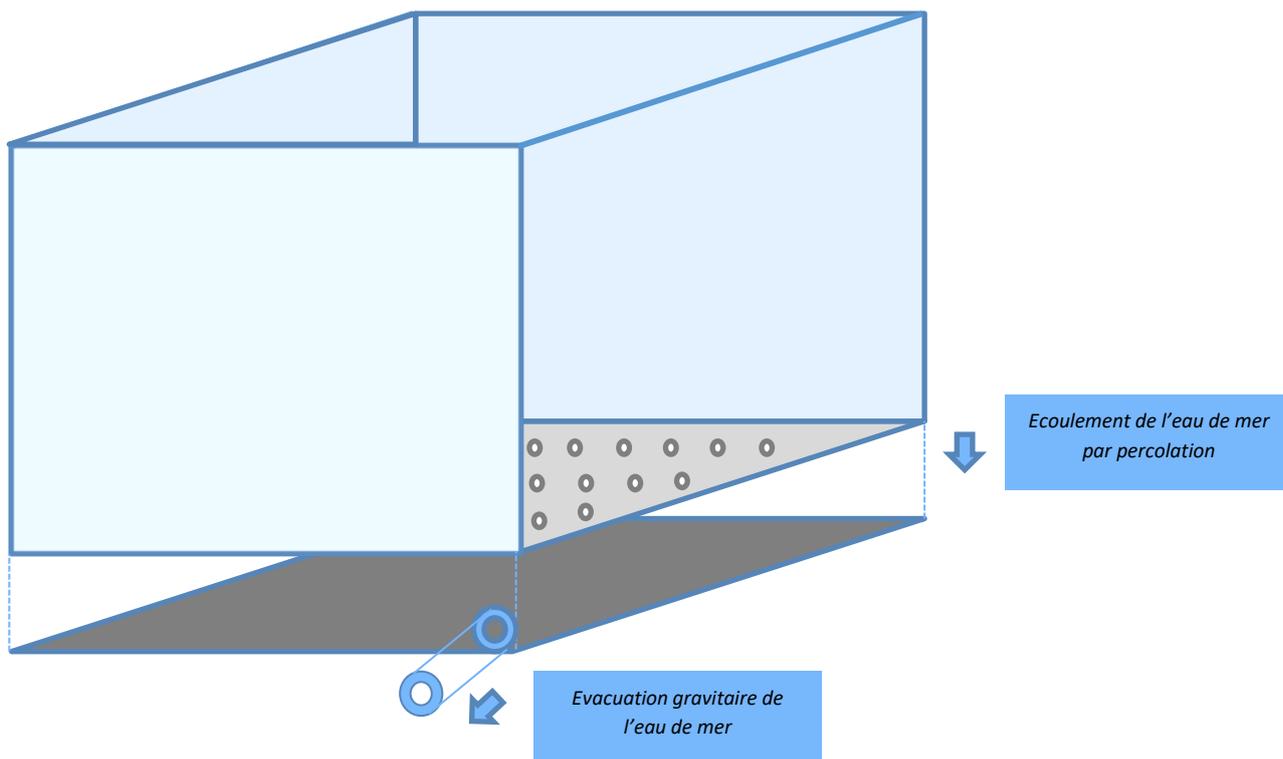


Figure 2 : Schéma de principe de conception d'un système double-fond pour évacuer l'eau de mer (Source : SUEZ CONSULTING)

- Définir en phase conception, un emplacement stratégique et une configuration donnée des composants pour limiter le contact avec l'eau de mer :
Des réflexions de cet ordre ont permis de lancer un process d'amélioration continue sur certains dispositifs. On peut citer l'exemple de la barge de collecte commercialisée par NAVALU, dont les derniers ajustements ont été réalisés sur mesure à partir des observations et du retour d'expérience de l'exploitant du dispositif. Il a notamment été discuté de :
 - L'intérêt de surélever le groupe électrogène risquant d'être en contact avec l'eau de mer pour une mise au sec ;
 - La mise en œuvre d'un système de refroidissement pour limiter le frottement et la corrosion par abrasion des roulements (composants subissant le plus de casse).

Outre le fait de limiter l'exposition aux agents corrosifs, la réflexion autour de la conception générale d'un dispositif peut être menée de sorte à offrir l'avantage de faciliter le contrôle et l'entretien du matériel.

1.2 Installer des ouvrages de protection cathodique

Comme vu précédemment, la corrosion marine consiste essentiellement en un phénomène de corrosion électrochimique. Pour la contrer, il apparaît opportun de prévoir dès la conception des ouvrages évoluant en milieu marin, une protection anticorrosion dont le concept repose sur le fait d'abaisser le potentiel de corrosion du métal. Pour cela la protection cathodique semble particulièrement adaptée au matériel dont le domaine d'intervention implique une évolution en plein mer, ou proche côtier au contact du milieu marin.

Concernant ce type de protection, il s'agit de placer des anodes pour abaisser le potentiel de corrosion du métal à protéger. On retrouve souvent sur les navires deux types de protection cathodique : anodes sacrificielles et imposition de courant.

1.2.1 Les anodes sacrificielles

Il s'agit de répartir de telles anodes dans le but de créer un courant galvanique. Le plus souvent en zinc ou en aluminium, ces anodes subissent à elles seules la corrosion et préservent ainsi les métaux plus

nobles. Elles sont placées dans les équipements utilisant l'eau de mer (circuits, échangeurs, ballasts...), sur la coque et les appendices immergés du navire.

Pour être réellement efficace, certaines précautions sont à prendre :

- La nature des anodes doit être de telle sorte que son potentiel soit assez négatif pour assurer une polarisation suffisante et une différence de potentiel adéquate,
- La répartition et le poids des anodes doivent être calculés au mieux,
- La surface de contact doit être nominale afin que les anodes soient correctement reliées à la structure pour assurer une bonne conductibilité : leur fixation et leur forme sont alors choisies en conséquence,
- Une surveillance périodique de l'usure est nécessaire pour prévoir leur remplacement en temps utile,
- Leur emplacement et le type de fixation sont étudiés de telle sorte qu'elles puissent être changées rapidement et avec peu de démontage : les anodes sacrificielles immergées sont de préférence vissées plutôt que soudées.

A noter que sur les navires, les anodes sacrificielles placées sur les coques ont néanmoins pour principal inconvénient de créer une résistance à l'avancement générant ainsi une surconsommation de carburant. Celles-ci sont par ailleurs remplacées assez fréquemment³.

Ce type de protection s'observe d'ailleurs sur des dispositifs de collecte ou engins plus récents. C'est le cas de la drague amphibie Watermaster exploitée par TTTM équipée d'anodes sacrificielles. Au regard de la durée limitée d'utilisation du système (évaluations sur 2 chantiers pilote), aucune conclusion n'a pu cependant être tirée de la réduction du phénomène de corrosion par l'équipement d'anodes sacrificielles.

1.2.2 La protection cathodique par imposition de courant

L'une des grandes différences dans le fonctionnement du système est que l'anode à courant imposé utilise une source de courant externe contrairement à l'anode sacrificielle qui est autosuffisante. Cette protection est assurée par un générateur de courant continu à partir duquel le pôle négatif est relié à l'équipement à protéger et le pôle positif à l'anode. Si ce système peut représenter un coût important à l'installation, il devient rentable lors de l'exploitation puisqu'il ne nécessite pas beaucoup d'énergie⁴. Le dégagement d'hydrogène issu de la réaction électrochimique impose que ce type de protection ne soit pas utilisé dans les milieux confinés.

La protection cathodique semble avoir fait ses preuves. En atteste le retour d'expérience de nos partenaires indiquant avoir tous recours à la mise en œuvre d'anodes sacrificielles. On retiendra d'autant plus l'expérience de TTTM concernant sa barge IMS dont l'altération a été particulièrement constatée une fois le dysfonctionnement des anodes installées sur l'engin (cf. chapitre Erreur! Source du renvoi introuvable. Erreur! Source du renvoi introuvable.).

1.3 Appliquer un revêtement protection sur le matériel

Dans le cadre de l'enquête de terrain que peu d'interlocuteurs ont indiqué avoir eu recours à une protection dite préventive. La commune de Sainte-Anne en Martinique a dans le cadre des commandes de matériel mentionné l'impératif d'un revêtement anti-corrosif sur les bennes des camions servant à la collecte de sargasses. A contrario, SEREG n'est pas convaincu de l'efficacité réelle d'un revêtements anti-corrosif, mis en regard du coût associé (cf. chapitre Erreur! Source du renvoi introuvable.). Les conditions de sa mise en œuvre de ces protections ne sont cependant pas connues.

Il apparait que la durée de vie peut être optimisée dès le process de fabrication par le recours à des revêtements superficiels spécifiques. Il s'agit de revêtements dits durs par opposition aux revêtements dits mous utilisés pour des applications de courtes durées comme pour la conservation de pièces de rechange ou pour les axes de panneaux mobiles (portes, écoutes...). Dans la majorité des cas, ces revêtements mous sont des graisses spéciales.

³ Selon les navires, en moyenne tous les cinq ans

⁴ Pour un navire de 10 000 tonnes et d'une longueur d'environ 150 mètres : alimentation de quatre anodes (5 volts – 4 ampères)

Si la préparation de la surface est simple et rapide, les inconvénients paraissent en revanche nombreux : ré-applications fréquentes, produit inflammable, sensibilité à l'eau et opération de retrait contraignante. Suivant les pièces à protéger, plusieurs solutions de revêtements superficiels se présentent.

1.3.1 Revêtements métalliques

Pour protéger plus particulièrement les aciers, il est possible d'avoir recours au chrome, cuivre ou zinc par processus de galvanisation. En effet, le zinc isole l'acier des milieux et produits agressifs en s'interposant et formant une barrière. Au contact de l'atmosphère, il se recouvre d'une couche protectrice passivante et stable, formant écran. Ce métal se distingue par sa très faible vitesse de corrosion. Autre avantage, le zinc assure la protection électrochimique de l'acier par effet cathodique (pouvoir sacrificiel) en cas de blessure du revêtement. La galvanisation à chaud après fabrication apporte une très bonne protection contre la corrosion aux produits manufacturés en acier de toutes formes et de toutes dimensions. C'est d'ailleurs la seule qui permet de traiter l'intérieur des profils creux et tubulaires. Lorsqu'on immerge l'acier dans le zinc liquide, il se forme plusieurs couches d'alliage fer-zinc très dur, recouvertes d'une couche de zinc.

La norme A 35-503 définit trois classes d'acier aptes à la galvanisation, en fonction de leurs teneurs en silicium et phosphore. Celles-ci déterminent les épaisseurs de revêtement obtenues, leur structure et leur aspect. La dureté des composés fer-zinc, plus élevée que celle de l'acier, confère au revêtement une résistance au frottement et à l'abrasion très intéressante, spécifique à la galvanisation à chaud.

D'autre part, en termes de revêtement métallique, un autre procédé se démarque depuis quelques années. Il s'agit du procédé dit « COLD SPRAY », correspondant à un procédé de métallisation à froid : les poudres métalliques sont projetées à vitesse très élevée par un gaz sous pression (jusqu'à 50 bars et 1100°C) sur la pièce neuve ou à réparer, la force d'impact assurant la qualité du dépôt. Une tuyère convergente-divergente (type De-Laval) permet de transformer la température et la pression du gaz en énergie cinétique, entraînant son accélération jusqu'à une vitesse supersonique et son refroidissement à une température inférieure à 100°C. Les poudres, injectées dans la zone haute pression de la buse, sont accélérées à des vitesses pouvant atteindre 1200m/s. La déformation des particules lors de l'impact permettrait d'obtenir des revêtements de bonne qualité, avec une forte adhérence et aucune oxydation.

La projection COLD PRAY est notamment utilisée pour les problématiques de :

- Forte corrosion
- Usure de frottement
- Echange thermique
- Conductivité électrique
- Réparation sur matériaux sensibles.

Sur les différents sites d'industriels utilisant cette technique, sont avancés les avantages de la projection COLD SPRAY par rapport aux procédés plus traditionnels de métallisation :

- Fortes épaisseurs (plusieurs mm)
- Revêtements denses (~ densité théorique du matériau) - Pas ou peu de porosité
- Conservation de l'intégrité microstructurale du matériau et du substrat
- Aucune oxydation
- Propriétés mécaniques élevées (adhésion / cohésion)
- Très haut rendement de déposition – recyclage des poudres résiduelles
- Facilité de masquage (faible spot de projection)
- Fabrication additive.

1.3.2 Revêtements polymériques

Comme évoqué précédemment, le recours aux composants polymériques est envisageable à l'aide de thermoplastes, de caoutchouc ou de thermodurcissables.

Certaines entreprises proposent des revêtements thermoplastiques pour assurer une protection plus durable des métaux exposés à des ambiances corrosives, du fait de leur environnement (ambiance marine, pollution industrielle). A titre d'exemple les revêtements époxy-polyester sont utilisés principalement en forme de poudre pour le thermolaquage et sont susceptibles d'offrir une très bonne protection contre la corrosion.

De nouveaux types de revêtements sont disponibles sur le marché, à l'exemple du revêtement « Rilsan® » réalisé à partir de poudre de polyamide 11. Ce polymère thermoplastique, fabriqué par ARKEMA, est issu d'un procédé de transformation de l'huile de ricin qui par son origine végétale et sa durabilité, il bénéficie d'un éco-bilan plutôt favorable. Les polymères biosourcés ou résines Rilsan® sont notamment utilisés en réponse aux problèmes de corrosion des pièces neuves ou à rénover en contact avec des atmosphères ou des fluides corrosifs, avec des matériaux abrasifs ou sous des contraintes mécaniques particulières :

- immersion à l'eau, aux effluents, à l'eau de mer
- au brouillard salin
- au décollement cathodique
- aux hydrocarbures, aux solvants et à un nombre important de produits chimiques.

D'autre part, des grades spécifiques antimicrobiens sont proposés par le fabricant pour les environnements sensibles avec des risques de contamination importants. L'épaisseur standard d'un revêtement Rilsan® TTM se situe en général entre 100µm et 150µm. Les principales propriétés avancées par le fabricant sont les suivantes :

- Résistance à la corrosion (2000 h de brouillard salin) ;
- Propriétés mécaniques avec notamment une résistance à l'abrasion et à la cavitation ;
- Haute inertie chimique (insensibilité aux bases, acides organiques, acides minéraux dilués, solvants) ;
- Innocuité au contact des aliments et de l'eau potable certifiée par de nombreux agréments à travers le monde.

L'application du revêtement Rilsan® ou rilsanisation des pièces métalliques peut se faire selon 3 procédés :

- Trempage en lit fluidisé : ce procédé consiste à tremper une pièce préchauffée dans un bain de poudre fluidisé par de l'air)
- Poudrage électrostatique : ce procédé consiste à projeter de la poudre chargée électriquement sur une pièce à la masse, puis à faire fondre la couche déposée par un passage au four)
- Poudrage à chaud : cette variante du poudrage électrostatique consiste à projeter la poudre sur une pièce préchauffée.

1.3.3 Revêtement par peintures successives

Afin de protéger de la corrosion les structures en acier, et cela quel que soit le type d'acier, une couche primaire dite anticorrosion, des couches secondaires pour assurer l'étanchéité et parfaire l'état de surface puis une couche de finition terminant le pouvoir d'étanchéité et, si nécessaire, donnant une touche esthétique.

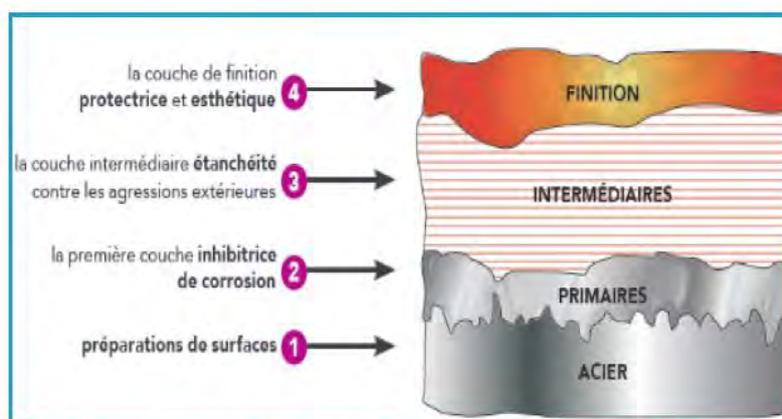


Schéma de principe d'un système anticorrosion par peinture 3 couches (extrait du dossier de presse Filière Peinture Anticorrosion 05/16)

Figure 3 : Réfection de la protection anticorrosion des structures métalliques en milieu marin (Source : CEREMA)

L'application des peintures nécessitent de respecter impérativement les prescriptions du fabricant pour garantir une tenue efficace dans le temps. Le respect des conditions hygrométriques ambiantes et la préparation de la surface sont primordiaux. En effet, pour que la protection par systèmes de peintures liquides soit efficace il est nécessaire que les maîtres d'ouvrage, les maîtres d'œuvre, les consultants, les entreprises qui effectuent les travaux de protection contre la corrosion, les contrôleurs des revêtements

de protection et les fabricants de produits, disposent d'informations aussi complètes que possible en vue de la réalisation pratique des travaux de protection. En outre, le choix et la mise en œuvre de systèmes de peinture anticorrosion ne se font pas en fonction des règles d'un processus industriel répétitif connu et maîtrisé, comme la galvanisation ou le thermolaquage, mais en fonction d'un certain nombre de paramètres à renseigner.

Parmi ceux-ci :

- La nature, description et conception du dispositif à traiter ;
- L'environnement et la description des agressions que subira le revêtement ;
- La préparation de surface ;
- Les conditions d'application ;
- La nature et la description du système de revêtement par peinture ou galvanisation/peinture.

De plus, il est recommandé lors du lancement de marché d'acquisition de matériel de **référer à la certification ACQPA dans les cahiers des charges des dossiers de consultation**. La durabilité recherchée de l'ensemble des systèmes de peinture pour la protection anticorrosion doit nécessairement relever de la « Haute Durabilité » au sens de la norme ISO 12944-1. Toutefois, cette haute durabilité recherchée demeure **indissociable d'un entretien courant visant à réparer les zones ponctuelles ayant subi des dégradations accidentelles d'ordre mécanique, thermique, etc.** et à maintenir à niveau la fonction spécifique associée à chaque composant du dispositif.

La norme ISO 12944 répertorie six catégories de base, relatives à la corrosion atmosphérique, qui sont les suivantes :		Catégorie de corrosivité	
		Exemples d'environnement	
		Extérieur	Intérieur
C1	très faible	-	Bâtiments chauffés à atmosphère propre, par exemple bureaux, magasins, écoles, hôtels.
C2	faible	Atmosphères avec un faible niveau de pollution: surtout zones rurales.	Bâtiments non chauffés où de la condensation peut se produire, par exemple entrepôts ou salles de sport.
C3	moyenne	Atmosphères urbaines et industrielles, pollution modérée par le dioxyde de soufre: zones côtières à faible salinité.	Encintes de fabrication avec une humidité élevée et une certaine pollution de l'air, par exemple industrie alimentaire, blanchisseries, brasseries, laiteries.
C4	élevée	Zones industrielles et zones côtières à salinité modérée.	Usines chimiques, piscines, chantiers navals côtiers.
C5	très élevée	Zones industrielles avec une humidité élevée et une atmosphère agressive, et zones côtières à salinité élevée.	Bâtiments ou zones avec une condensation quasi-permanente et avec une pollution élevée.
CX*	extrême	Zones maritimes à salinité élevée, zones industrielles avec une humidité extrême et une atmosphère agressive, et atmosphères tropicales et subtropicales.	Zones industrielles avec une humidité extrême et une atmosphère agressive.

Figure 4 : Catégorie de corrosivité (Source : HEMPEL, Recommandations relatives à la protection contre la corrosion conformément à la norme ISO 12944)

Pour rappel, l'ACQPA⁵ est une association au service de la **qualité des travaux de protection anticorrosion par peinture** depuis 1994. Organisme certificateur, elle rassemble dans une démarche collective, les différents acteurs du marché : maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, fabricants de peinture, entreprises d'application, centres techniques, bureaux d'ingénierie et de contrôle. Procédure volontaire, la certification ACQPA atteste la conformité à des exigences établies au sein de référentiels connus et validés, et participe ainsi à l'obtention de la performance finale attendue, plus particulièrement en matière de durabilité. Le champ d'application visé recouvre les travaux de protection sur structures, matériels et équipements utilisés dans les domaines du génie civil, du bâtiment, et de l'industrie.

Comme indiqué sur le site de l'ACQPA⁶, la certification porte sur plusieurs composantes essentielles aux travaux de protection, dont notamment la :

- Certification des produits et systèmes de peinture pour :
 - La protection des structures en acier, notamment au travers de la classe de haute durabilité de la norme NF EN ISO 12944,
 - La protection de surface des ouvrages de génie civil en béton,
 - La maîtrise de la corrosion et l'aptitude à l'emploi concernant les navires militaires et les matériels terrestres d'armement.

⁵ <https://www.acqpa.com/>

⁶ <https://www.acqpa.com/>

- Certification des compétences et qualification du personnel pour :
 - Les opérateurs des entreprises d'application de peinture dans le domaine de l'acier et du béton, intervenant dans la réalisation et la supervision directe des travaux de mise en œuvre des peintures.
 - Les inspecteurs, spécialisés en ingénierie de la protection anticorrosion par traitement de surface et mise en peinture, assurant les missions de contrôles extérieurs des travaux, et de conseils.

Régulièrement contrôlés, les certificats délivrés par l'ACQPA offrent la garantie d'une qualité maîtrisée pour la fourniture de systèmes de peinture et de leurs mises en œuvre. Selon le référentiel de certification⁷, **l'ACQPA certifie des systèmes correspondant à la classe « haute durabilité » de la norme NF EN ISO 12944-1**. Il est essentiel de ne pas confondre les notions de durabilité et de garantie, même si elles sont complémentaires :

- La durabilité est une notion technique qui peut, par exemple, aider le maître d'ouvrage à établir un programme d'entretien de son ouvrage.
- La garantie est une notion juridique qui fait l'objet de dispositions précises dans la partie administrative d'un contrat.
-

L'ACQPA certifie, au travers de procédures générales et de spécifications techniques, l'aptitude à l'emploi des systèmes de peinture appliqués sur des structures métalliques. L'objectif principal est de délivrer une attestation de conformité vis-à-vis :

- De la protection contre la corrosion,
- De la stabilité d'aspect et de la couleur vis-à-vis des rayonnements UV.

En certifiant des systèmes de peinture, l'ACQPA offre au maître d'ouvrage des données fiables contribuant à atteindre cette durabilité dès lors que tous les paramètres d'application et de préparation de surface sont respectés et que le système retenu présente une bonne adéquation entre sa classe de certification et les conditions de service de l'ouvrage. Les donneurs d'ordre font ainsi référence à la certification ACQPA dans leurs cahiers des charges, tant l'Etat et les collectivités territoriales au travers du Fascicule 56 du CCTG, que des acteurs privés dans les domaines aussi variés que les infrastructures, les transports, l'énergie, ou l'industrie.

Chaque système de peinture certifié fait l'objet d'une fiche descriptive et d'emploi, disponible sur le site internet de l'ACQPA.

Le référentiel se base, pour sa partie technique, sur :

- La série de normes NF EN ISO 12944 : « Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture » ;
- La norme NF T 34-550 : « Peintures et vernis - Systèmes de peinture pour la protection des ouvrages métalliques » ;
- La norme NF ISO 20340 : « Peintures et vernis – Exigences de performance relatives aux systèmes de peinture pour la protection des structures offshore et structures associées » ;
- La norme NF T 34-554-1 : « Peintures et vernis – Système de peinture anticorrosion – Stabilité dans le temps des caractéristiques colorimétriques d'une peinture de finition pour ouvrage métallique. Partie 1 : Critères de performances ».

Le référentiel de certification se compose également d'un Règlement Particulier de la Marque ACQPA « Systèmes Anticorrosion par Peinture », qui décrit les processus de certification avec les exigences générales des procédures ACQPA, et les dispositions particulières pour la maîtrise de la qualité en termes de constance de production en usine, de suivi de conformité et de marquage associé.

Chaque programme de certification permet de démontrer que le système de peinture répond aux exigences requises, au travers des éléments suivants :

- Les justificatifs documentaires fournis par le fabricant du système de peinture
- Les résultats des essais en laboratoire
- Les spécifications techniques à atteindre

⁷ https://www.acqpa.com/systemes-anticorrosion_certification.php

- Les résultats des audits-inspections en usine.

Sur la base des éléments précités, le recours à un système de peinture certifié se justifie d'autant en cas d'orientation vers ce type de procédé. L'établissement des CCTP nécessite toutefois une certaine maîtrise des référentiels normatifs/réglementaires et une connaissance des produits/matériaux/techniques et des conditions d'exécution pour pouvoir spécifier des exigences adaptées au contexte.

1.4 Procéder à un entretien rigoureux du matériel

Cette préconisation concerne plus particulièrement le matériel en contact avec l'eau de mer ou les embruns.

De manière générale, l'entretien régulier du matériel demeure la mesure phare pour limiter le risque d'atteintes.

Si l'occurrence et la fréquence d'entretien demeurent limitées et variables suivant les structures, la totalité des interlocuteurs sondés dans le cadre de l'enquête reconnaît toutefois l'intérêt de procéder à un entretien régulier du matériel spécifiquement vis-à-vis du risque de corrosion marine.

Au vu du retour des sondages réalisés auprès des collectivités et prestataires de services, il apparaît que l'entretien optimal du matériel qui s'impose est le suivant :

- Une **vérification journalière** des principaux organes et autres zones difficiles d'accès,
- Un **rinçage journalier** après chaque usage,
- Un **graissage hebdomadaire**.

Certains interlocuteurs ont révélé avoir recours à un bain de mélange huile/gasoil. Si ce mélange aurait a priori fait ses preuves pour optimiser la durée de vie du matériel, il reste cependant impératif de noter que les huiles peuvent s'avérer particulièrement dommageables pour le milieu naturel et constituent une source importante de pollution. Il convient d'avoir recours autant que possible à des graisses, huiles ou lubrifiants écologiques afin de limiter l'impact sur l'environnement naturel.

Annexes

Annexe 3 : Fiches mémo



Infos clé :

- **DUREE DE VIE THEORIQUE MOYENNE** : 10 ans min.
- **PRINCIPAUX DYSFONCTIONNEMENTS ATTENDUS** : corrosion des châssis/essieu, dysfonctionnement de pièces électriques (ex. : calculateur de camions-benne), torsion de vérin, altération des capteurs et éléments de connexion, rupture de flexibles, rouille/encrassement des godets.
- **COUT MOYEN D'ENTRETIEN** : jusqu'à 3 000€ par trimestre pour révision



MODALITES D'ACQUISITION



USAGE



STOCKAGE & PROTECTION

S'INFORMER EN PHASE DE CONSULTATION :

- Exiger un descriptif des matériaux constitutifs du matériel
- Référer à la **certification ACQPA** dans les CCTP de dossiers de consultation

NECESSITE DE CONTRAT D'ENTRETIEN :

- Engager un **contrat d'entretien** auprès du fournisseur ou d'un prestataire pour assurer l'**entretien régulier** qui :
 - spécifie la fréquence et les modalités d'intervention (pièces concernées, utilisation de systèmes de protection à haute durabilité certifiés ACQPA).
 - inclut la mise en place de pénalités en cas de non-respect des conditions stipulées.
- En l'absence de contrat d'entretien, respecter les **prescriptions du fournisseur en matière d'entretien/maintenance** (régie interne devant se référer aux fiches techniques fournisseur).

VEILLER AUX CONDITIONS D'APPLICATION DE GARANTIE :

- S'assurer de l'**application de la garantie** par le biais de ce suivi d'exécution des services de maintenance dans les délais spécifiés par le fournisseur.
- Mandater pour la maintenance et réparation un **personnel compétent** (disposant de connaissances suffisantes dans le domaine de la mécanique automobile grâce à leur formation technique et à leur expérience).

FAIRE UN USAGE ADEQUAT AUX CONDITIONS D'INTERVENTION :

- Ne pas utiliser le matériel au-delà du **domaine d'intervention terrestre** : proscrire toute intervention prolongée dans l'eau et ce même à **faible profondeur**.

PROCEDER A UN ENTRETIEN REGULIER :

- Procéder à un **lavage journalier à l'eau douce** des engins après chaque utilisation.
- Procéder à un **entretien complémentaire hebdomadaire par graissage/huilage** au niveau des pièces les plus exposées à la corrosion (châssis, essieu...).
- Préserver le matériel pendant les périodes de **longues immobilisations** par nettoyage à l'eau claire, séchage à l'air libre et pulvérisation d'huile anticorrosion, et vérification ponctuelle d'éventuels dommages.

FAIRE UN USAGE REGULIER DU MATERIEL :

- Eviter autant que possible les périodes de **longue immobilisation** pour limiter les dommages.

ASSURER UNE MAINTENANCE CONFORME AUX RECOMMANDATIONS FOURNISSEUR/CONSTRUCTEUR :

- Respecter les **prescriptions en matière de maintenance** (révisions/opérations périodiques variables : cf. fiche technique/carnet d'entretien).
- Assurer une **maintenance régulière des mécanismes de déplacement et du moteur** (périodicité/ampleur de l'opérations dépendant du type d'engin : se référer aux fiches techniques du fournisseur).

HISTORISER LES OPERATIONS D'ENTRETIEN :

- Documenter tous les services de maintenance effectués par l'équipe opérante (régie interne ou prestataire), au moyen d'un **registre interne tenu à jour**.

SUIVRE DES MODALITES DE STOCKAGE ADAPTEES :

- Stocker le matériel **hors site de ramassage**, à l'abri des embruns marins.
- Stocker autant que possible le matériel en **lieu clos** (hangar, parking intérieur...).

RETENIR UN CHOIX DE MATERIEL ADAPTE :

- S'orienter préférentiellement vers le choix de matériel disposant d'un **revêtement anti-UV et anti-corrosion** pour assurer la longévité des composants sensibles et/ou hors d'eau.
- Equiper le matériel de **bâche ou tout autre moyen de protection** notamment si celui-ci peut être combiné à des conditions de stockage favorables (à l'abri de secteurs trop venté ou exposés au soleil).



Infos clé :

- **DUREE DE VIE THEORIQUE MOYENNE** : variable selon les conditions d'utilisation et d'entretien.
- **PRINCIPAUX DYSFONCTIONNEMENTS ATTENDUS** : casse de filets (conditions météo/vandalisme/accident), altération des écrous/points de fixation, pulvérisation de chaîne par le sable.
- **COUT MOYEN D'ENTRETIEN** : Environ 15 à 20% du coût du dispositif.



MODALITES D'ACQUISITION & DE MISE EN ŒUVRE



USAGE



STOCKAGE & PROTECTION

VERIFIER LA FAISABILITE DE MISE EN ŒUVRE :

- Engager en amont des investigations techniques pour attester de la possibilité de mise en œuvre de l'ouvrage au vu des **conditions du site de pose (étude de courantologie, étude de la faune et flore aquatique : présence d'herbiers, espèces protégées de corail, etc.)**.
- Respecter les **prérequis d'ordre réglementaire (AOT, Dossier Loi sur l'eau) & technique (Cahier des charges, Doctrine barrages DEAL/PNMM)** :
Le dispositif sera ainsi nécessairement assorti de prescriptions permettant
 - ✓ d'optimiser la longévité de l'ouvrage ;
 - ✓ d'assurer le respect des objectifs de préservation de l'environnement et des dispositions réglementaires en vigueur.
- Prévoir une **phase de repositionnement et réajustement** du dispositif vis-à-vis des aléas potentiels.

NECESSITE DE CONTRAT D'ENTRETIEN :

- Engager un **contrat d'entretien** auprès du fournisseur pour assurer l'**entretien régulier de l'ouvrage, par un personnel compétent, formé et juridiquement apte** (disposant de connaissances suffisantes dans le domaine et habilitations (scaphandrier classe 2 mention A, permis bateau)).
Ce contrat devra :
 - spécifier la fréquence et les modalités d'intervention (type de maintenance à terre ou en mer)
 - inclure la mise en place de pénalités en cas de non-respect des conditions stipulées.
- En l'absence de contrat, respecter les **prescriptions du fournisseur en matière de surveillance/maintenance** (suivi périodique à fréquence variable suivant le fournisseur) et assurer une formation et qualification du personnel.

RETENIR UN CHOIX DE MATERIEL ADAPTE :

- S'orienter préférentiellement vers le choix de **matériaux moins vulnérables à la corrosion** (recours limité aux alliages métalliques au profit de composés polymériques à haute densité) avec **revêtement anti-UV** pour assurer la longévité des composants sensibles et/ou hors d'eau.

EN FAIRE UN USAGE ADEQUAT AUX CONDITIONS METEOROLOGIQUES :

- Proscrire le déploiement en cas de **conditions météorologiques défavorables** (forte houle, saison cyclonique).
- Assurer une **veille météo** et le cas échéant privilégier la **mise en drapeau** en marge des épisodes cycloniques suivant les recommandations du fournisseur.

EN FAIRE UN USAGE REGULIER SUR LE PLAN REGLEMENTAIRE & SCIENTIFIQUE :

- En l'absence de contrat d'entretien, documenter les services de maintenance effectués par l'équipe opérante, au moyen d'un **registre interne tenu à jour**.
- S'assurer de l'**application de la garantie** par le biais de ce suivi d'exécution des services de maintenance dans les délais et conditions spécifiés par le fournisseur.

SUIVRE DES MODALITES DE STOCKAGE & PROTECTION ADAPTEES :

- Respecter les **prescriptions du fournisseur en termes de stockage/protection** :
 - ✓ Dépose en saison cyclonique (opération à anticiper en termes de main d'œuvre et de temps (en moyenne 1 jour, en fonction de la durée de mise en œuvre de l'opération de retrait communiquée par le fournisseur) ;
 - ✓ Stockage le cas échéant dans un box ou à l'air libre).

INDEX DES FIGURES

Figure 1 : Ancien composant en alliage métallique avec début de corrosion (à gauche), nouveau composant en PP GF 40% (au centre et à droite) du barrage CUBI SSYTEM©	3
Figure 2 : Schéma de principe de conception d'un système double-fond pour évacuer l'eau de mer	4
Figure 3 : Réfection de la protection anticorrosion des structures métalliques en milieu marin	7
Figure 4 : Catégorie de corrosivité	8

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique -, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



EXPERTISES

ETUDE DES TECHNIQUES DE COLLECTE DE SARGASSES

MISSION 2 TOME 2

