

Le directeur général/ The Director General

Maisons-Alfort, le 20 juin 2023

**NOTE**  
**d'appui scientifique et technique**  
**de l'Agence nationale de sécurité sanitaire**  
**de l'alimentation, de l'environnement et du travail**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT NOTE**  
**of the French Agency for Food, Environmental and**  
**Occupational Health & Safety**

**relatif à la poursuite d'instruction d'une demande d'autorisation de mise sur le**  
**marché d'anodes sacrificielles en magnésium pour la protection cathodique**  
**contre la corrosion des appareils de production et/ou de stockage d'eau**  
**chaude sanitaire**

**on a further investigation of an application for approval of sacrificial**  
**magnesium anodes for the cathodic protection against corrosion of domestic**  
**hot water production and/or storage appliances**

L'Anses a été saisie le 11 octobre 2022 par la Direction générale de la santé (DGS) pour la réalisation d'un appui scientifique et technique (AST), dans le cadre des suites de l'instruction d'un dossier de demande d'autorisation<sup>1</sup> de mise sur le marché d'anodes sacrificielles en magnésium (Mg) pour la protection cathodique contre la corrosion des appareils de production et/ou de stockage d'eau chaude sanitaire, relatif : aux hypothèses de calcul et essais expérimentaux de détermination de courants de corrosion.

On October 11, 2022, ANSES received a formal request from the Directorate General for Health (DGS) to provide a scientific and technical support (AST), for further investigation of an authorization application<sup>1</sup> for sacrificial magnesium (Mg) anodes for the cathodic protection against corrosion of domestic hot water production and/or storage appliances, relating to: calculation hypotheses and experimental tests for determining corrosion currents.

<sup>1</sup> Ce dossier a fait l'objet d'une évaluation complète par l'Anses dans la saisine n° / This dossier has been fully assessed by ANSES in the request No 2021-SA-186 :

<https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2021SA0186.pdf>

## 1. CONTEXTE ET OBJET DE LA DEMANDE / BACKGROUND AND PURPOSE OF THE REQUEST

L'article 11 de la Directive (UE) 2020/2184 du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) prévoit des exigences minimales en matière d'innocuité des matériaux et produits entrant en contact avec les EDCH (MCDE) et l'adoption d'actes d'exécution et d'actes délégués en vue d'en garantir l'application uniforme. Des listes positives européennes de substances de départ, compositions ou constituants autorisés pour la fabrication des MCDE sont notamment prévues. En attendant la transposition de cette directive et la publication des actes délégués et d'exécution, les dispositions nationales s'appliquent, certaines découlant des travaux de coopération menés au sein du groupe « 4MS Initiative (4MSI) »<sup>2</sup>.

L'Agence avait été saisie en 2021 pour évaluer un dossier déposé en application de l'article 5 de l'arrêté du 25 juin 2020 relatif aux matériaux et produits métalliques destinés aux installations de production, de distribution et de conditionnement qui entrent en contact avec l'EDCH qui précise que :

Article 11 of Directive (EU) 2020/2184 of December 16, 2020 on the quality of water intended for human consumption (DW) provides for minimum hygienic safety requirements for materials and products coming into contact with DW (DWCMs) and the adoption of implementing and delegated acts to ensure their uniform application. In particular, European positive lists of starting substances, compositions or constituents authorized for the manufacture of DWCMs are provided. Until the transposition of this Directive and the publication of delegated and implementing acts, the national provisions apply, some resulting from the cooperative work carried out within the "4MS Initiative (4MSI)" group<sup>2</sup>.

The Agency was requested in 2021 to assess an application file submitted in accordance with Article 5 of the Ministerial Order of June 25, 2020 relating to metallic materials and products intended for production, distribution and packaging facilities which come into contact with the DW, which specifies that:

---

<sup>2</sup> Travaux de coopération entre la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays-Bas et le Danemark dans le champ de la réglementation relative aux MCDE / Cooperation works between France,

Germany, the United Kingdom, the Netherlands and Denmark in the field of DWCMs' regulatory: <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/water/drinking-water/distributing-drinking-water/approval-harmonization-4ms-initiative>

« Les anodes de protection cathodique en magnésium, en aluminium et en titane peuvent être utilisées pour la protection contre la corrosion interne des appareils de production d'eau chaude sanitaire. Le magnésium, l'aluminium et le titane peuvent être utilisés sous réserve qu'un dossier, conformément à l'annexe V de l'arrêté du 29 mai 1997 susvisé, soit déposé dans les deux ans suivant l'entrée en vigueur du présent arrêté, afin qu'ils soient ensuite définitivement inscrits sur la liste de compositions ».

Au vu des restrictions préconisées dans son avis du 18 février 2022, traduites en décisions réglementaires par la DGS et contestées par le pétitionnaire, celui-ci a fourni un nouveau dossier avec des éléments techniques et données complémentaires.

L'objet de la demande de la DGS est de solliciter l'appui de l'Anses relatif à deux aspects du nouveau dossier, à savoir les hypothèses de calcul des courants limites de corrosion pour ne pas dépasser les concentrations de référence (CR) en éléments métalliques dans l'eau des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS), et les recommandations concernant les essais expérimentaux à mener permettant de valider l'approche proposée. Cette demande ne constitue pas une demande d'instruction complète d'un nouveau dossier.

"Cathodic protection anodes made of magnesium, aluminum and titanium may be used for protection against internal corrosion of domestic hot water production appliances. Magnesium, aluminum and titanium may be used provided that a file, in accordance with Annex V of the aforementioned Ministerial Order of May 29, 1997, is submitted within two years of the entry into force of this Order, so that they can then be definitively registered on the list of compositions".

Given the restrictions advocated in its Opinion of February 18, 2022, which were implemented into regulatory rulings by the DGS and challenged by the applicant, the latter submitted a new dossier with additional technical information and data.

The purpose of the request from the DGS is to ask ANSES' support on two aspects of the new file, i.e. the hypotheses for calculating the limit of corrosion current making it possible not to exceed the reference concentrations (RCs) of metallic elements in the water of the domestic hot water (HDW) tanks, and the recommendations concerning the experimental tests to be carried out to validate the proposed approach. This request does not concern a request for full examination of a new file.

## **2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE / ORGANISATION OF THE EXPERT APPRAISAL**

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

The expert appraisal was carried out in accordance with French standard NF X 50-110 "Quality in expertise activities - General requirements of competence for an expertise activity (May 2003)".

L'expertise collective a été réalisée par le groupe de travail (GT) « Évaluation des matériaux et auxiliaires technologiques dans le domaine de l'alimentation et de l'eau (MATAE) ». Trois experts rapporteurs ont été nommés pour l'analyse du dossier du pétitionnaire. Les travaux ont été présentés lors des séances du GT MATAE des 15 décembre 2022 et 16 février 2023. La note d'AST a été validée lors de sa séance du 25 mai 2023.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise. Les déclarations d'intérêts des experts sont publiées sur le site internet : <https://dpi.sante.gouv.fr/>.

Les travaux d'expertise se sont appuyés sur :

- 1°) Le dossier du pétitionnaire (version actualisée en date du 21 décembre 2022).
- 2°) Les informations complémentaires transmises par le pétitionnaire le 24 janvier 2023 en réponse aux interrogations de l'Anses.
- 3°) Les échanges et les nouvelles données fournies par le pétitionnaire lors de l'audition du 30 mars 2023.

L'évaluation a été réalisée selon les préconisations de l'avis de l'Afssa n° 2005-SA-0047<sup>3</sup> et celles de l'approche commune de la 4MSI sur les matériaux métalliques<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Avis n° 2005-SA-0047 (4 juillet 2006). Avis relatif à l'élaboration de lignes directrices pour l'évaluation des métaux et alliages en vue de leur inscription sur l'annexe I de l'arrêté du 29 mai 1997 modifié / Opinion n° 2005-SA-0047 (July 4,2006) / Opinion on guidelines for the assessment of metals and alloys for their inclusion in Annex I of amended Ministerial Order of 29 May 1997: <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2005sa0047.pdf>

The collective expert appraisal was conducted by the Working Group (WG) "Assessment of materials and processing aids in the areas of food and water (MATAE)". Three experts have been appointed to analyze the applicant's file. The work was presented during the MATAE WG's meetings of December 15, 2022 and February 16, 2023. The AST note was adopted during its meeting of May 25, 2023.

ANSES analyzes the links of interest declared by experts before their appointment and throughout the work in order to prevent the risk of conflicts of interest with regard to the points addressed in the context of the expert appraisals. The experts' declarations of interests are published on the website: <https://dpi.sante.gouv.fr/>

The appraisal work was based on:

- 1°) The applicant's file (updated version: December 21, 2022).
- 2°) The additional information provided by the applicant on January 24, 2023 in response to questions from ANSES.
- 3°) The exchanges and new data provided by the applicant during the hearing of March 30, 2023.

The assessment was carried out according to AFSSA's Opinion No. 2005-SA-0047<sup>3</sup> and the 4MSI common approach on metallic materials<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Acceptance of metallic materials used for products in contact with drinking water. 4MSI Common Approach. Part A – Methodologies for testing and accepting compositions to be included in the Positive list of compositions for metallic materials (16 July 2021). [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/ca\\_mm\\_part\\_a\\_-\\_methodologies\\_for\\_testing\\_and\\_accepting\\_compositions\\_july\\_2021\\_rev04\\_version\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/ca_mm_part_a_-_methodologies_for_testing_and_accepting_compositions_july_2021_rev04_version_2.pdf)

### 3. ANALYSE ET CONCLUSIONS DU GT « MATAE » / ANALYSIS AND CONCLUSIONS OF THE « MATAE » WG

L'AST porte sur :

- l'examen des nouvelles hypothèses de calcul établies par le pétitionnaire pour définir les courants limites de corrosion permettant ne pas dépasser les CR en éléments métalliques dans l'eau des ballons d'ECS ;
- l'examen de la méthode utilisée pour mesurer le courant de corrosion ;
- les recommandations concernant les essais expérimentaux à mener permettant de valider l'approche proposée.

The AST concerns:

- the analysis of the new calculation hypotheses established by the applicant to define the limit of corrosion current making it possible not to exceed the RCs of metallic elements in the water of the HDW tanks;
- the analysis of the method used to measure the corrosion current;
- the recommendations concerning the experimental tests to be conducted to validate the proposed approach.

#### 3.1. Utilisation des anodes sacrificielles en Mg - Modification du champ de l'expertise / Use of Mg sacrificial anodes – Modification of the scope of appraisal

Pour rappel, les anodes sacrificielles en Mg sont utilisées pour la protection cathodique des ballons de production et/ou de stockage d'eau chaude sanitaire. Elles permettent de protéger les parois métalliques contre la corrosion afin d'éviter la dégradation de la qualité de l'eau et de garantir la durabilité des équipements.

Dans le dossier initial du pétitionnaire, objet de l'avis n° 2021-SA-0186 du 18 février 2022, les matériaux de réservoir d'eau mentionnés étaient l'acier, l'acier émaillé, l'acier inoxydable et le cuivre. Cependant, l'utilisation d'acier non revêtu n'étant pas autorisée pour la fabrication de chauffe-eau ou de ballon de stockage et le dossier ne contenant pas d'éléments techniques ou de données relatives à l'impact des anodes en Mg sur la qualité de l'eau pour l'acier inoxydable et le cuivre, l'évaluation de l'Anses n'avait concerné que les ballons en acier émaillé.

As a reminder, Mg sacrificial anodes are used for the cathodic protection of domestic hot water production and/or storage tanks. They protect the metallic walls against corrosion to avoid degradation of the quality of the water and to ensure the durability of equipment.

In the applicant's initial file, subject of Opinion No. 2021-SA-0186 of February 18, 2022, the water tank materials mentioned were steel, enamelled steel, stainless steel and copper. However, the use of uncoated steel is not authorized for the manufacture of water heaters or hot water tanks and the file did not contain any technical information or data relating to the impact of Mg anodes on water quality for stainless steel and copper, the ANSES' assessment was limited to enamelled steel tanks.

Dans le nouveau dossier du pétitionnaire, d'autres matériaux constitutifs des ballons d'eau chaude que l'acier émaillé ont été étudiés : l'acier revêtu de résine époxydique et l'acier inoxydable. Par contre, le cuivre mentionné dans le dossier initial n'a pas été repris dans le nouveau dossier car seulement utilisé au Royaume-Uni.

Si l'intérêt d'utiliser des anodes de Mg pour la protection contre la corrosion des ballons en acier émaillé ou revêtu de résine époxydique est incontestable, leur intérêt pour les ballons en acier inoxydable est moins avéré car d'autres mécanismes interviennent pour la protection de ces derniers. Dans le cas d'une cuve en inox, le bénéfice de l'ajout d'une anode sacrificielle, observée par le pétitionnaire par retour d'expérience, serait de diminuer le potentiel de la cuve afin de réduire les risques de corrosion localisée (e.g. piqûres).

Par ailleurs, le pétitionnaire a restreint sa demande à deux alliages (MgAl3Zn1 et MgAl6Zn3) sur les cinq figurants dans la norme NF EN 12438. Les trois autres alliages de la norme et notamment ceux riches en manganèse (MgMn1 et MgMn2) ont été retirés de la demande car non utilisés dans les applications en eau chaude sanitaire. Pour rappel, le manganèse (Mn) et l'aluminium (Al) sont les éléments dont les concentrations calculées dans l'eau des ballons d'ECS avaient dépassé les CR dans le dossier initial, entraînant des recommandations de restrictions d'utilisation (cf. avis n° 2021-SA-0186).

In the new applicant's file, other constituent materials of hot water tanks than enamelled steel were investigated: epoxy resin coated steel and stainless steel. On the other hand, the copper mentioned in the initial file was not retained in the new file because it is only used in the United Kingdom.

If the relevance of corrosion protection with Mg anode is unquestionable for enamelled or epoxy resin coated steel tanks, their interest for stainless steel tanks is less obvious as other mechanisms are involved to protect these one. In the case of a stainless steel tank, the benefit of adding a sacrificial anode, as observed by the applicant through feedback, would be to reduce the potential of the tank in order to reduce the risk of localized corrosion (e.g. pitting).

Moreover, the applicant limited his request to two alloys (MgAl3Zn1 and MgAl6Zn3) out of the five appearing in the NF EN 12438 standard. The three other alloys of the standard including those rich in manganese (MgMn1 and MgMn2) have been withdrawn from the petition because they are not used in domestic hot water applications. As a reminder, manganese (Mn) and aluminium (Al) are the elements whose calculated concentrations in the water of the HDW tanks had exceeded the RCs in the initial file, leading to recommendations for restrictions on their use (cf. Opinion No. 2021-SA-0186).

**3.2. Examen des nouvelles hypothèses de calcul – Calculs des courants limites de corrosion pour ne pas dépasser les concentrations de référence (CR) en éléments métalliques dans l'eau des ballons d'eau chaude sanitaire (ECS) / Analysis of the new calculation hypotheses - Calculation of the limit corrosion current so as not to exceed the reference concentrations (RCs) of metallic elements in the water of domestic hot water (HDW) tanks**

L'approche par modélisation basée sur la loi de Faraday utilisée pour calculer les concentrations attendues en éléments métalliques constitutifs de l'anode dans l'eau des ballons d'ECS selon le courant de corrosion mesuré dans le dossier initial, est utilisée dans le nouveau dossier pour calculer les courants de corrosion maximums permettant de respecter les valeurs limites des concentrations en éléments métalliques tolérées dans l'eau (CR) avec quelques adaptations :

$$[X] = \frac{\frac{I_{anode} \cdot t \cdot A_X}{F \cdot n_X}}{V} \cdot M_X \quad \Leftrightarrow \quad I_{anode} = \frac{[X] \cdot V \cdot F \cdot n_X}{A_X \cdot t \cdot M_X}$$

Avec :

[X] = concentration de l'élément X émise par l'anode dans l'eau du ballon (g/L)

A<sub>x</sub> = masse molaire de l'élément X considéré (g.mol<sup>-1</sup>)

I<sub>anode</sub> = courant de corrosion (A)

t = temps de séjour (secondes)

F = constante de Faraday = 96485 C.mol<sup>-1</sup>

n<sub>x</sub> = nombre d'électrons de valence de l'élément X

V = capacité volumique du ballon (L)

M<sub>x</sub> = fraction molaire de l'élément X dans l'alliage de Mg constitutif de l'anode

Les conditions des calculs du courant de corrosion maximum permettant qu'aucun des éléments métalliques constitutifs de l'anode (X) ne soit libéré dans l'eau du ballon d'ECS à une concentration ([X]) dépassant la CR correspondante, proposées par le pétitionnaire et jugées satisfaisante par le GT MATAE, sont les suivantes :

The modelling approach based on Faraday's law used to calculate the expected concentrations of constituent metallic elements of the anode in the water of the HDW tanks according to the measured corrosion current in the initial file, is used in the new file to calculate the maximum corrosion current allowing compliance with the limit values of the metallic elements concentrations in the water (RCs) with some adaptations:

With:

[X] = concentration of element X released by the anode in the tank's water (g/l)

A<sub>x</sub> = molar mass of considered element X (g.mol<sup>-1</sup>)

I<sub>anode</sub> = corrosion current (A)

t = residence time (seconds)

F = Faraday's constant = 96485 C.mol<sup>-1</sup>

n<sub>x</sub> = number of valence electrons of element X

V = volume capacity of the tank (l)

M<sub>x</sub> = molar fraction of element X in the Mg alloy constitutive of the anode

The conditions for the calculations of the maximum corrosion current allowing none of the constituent metallic elements of the anode (X) to be released into the water of the HDW tank at a concentration ([X]) exceeding the corresponding RC, proposed by the applicant and deemed satisfactory by the MATAE WG, are the following:

1°) L'ensemble des éléments constitutifs de l'alliage sont pris en compte dans le calcul :

1°) All the constituent elements of the alloy are taken into account in the calculation:

Elément X / Element X	A <sub>x</sub> (g/mol)	n <sub>x</sub>
Mg	24,30	2
Al	26,98	3
Mn	54,94	2
Zn	65,38	2
Ni	58,69	2
Fe	55,84	2
Cu	63,55	2

2°) Les teneurs maximales des constituants et des impuretés (autres que Mg) des alliages de Mg figurant dans la norme NF EN 12438 sont utilisés comme dans le dossier initial, mais la fraction molaire des éléments métalliques constitutifs de l'anode est utilisée en remplacement de la fraction massique comme dans le premier dossier :

2°) The maximum contents of the constituents and impurities (other than Mg) of the Mg alloys listed in standard NF EN 12438 are used as in the initial file, but the molar fraction of the constituent metallic elements of the anode is used in place of the mass fraction as in the first file:

	MgAl <sub>3</sub> Zn <sub>1</sub> (AZ31)		Mg Al <sub>6</sub> Zn <sub>3</sub> (AZ63)	
	% en masse / % in mass (NF EN 12438)	% molaire / Molar %	% en masse / % in mass (NF EN 12438)	% molaire/ Molar %
Mg (%)	94	96	88	91
Al (%)	3,5	3,211	7	6,550
Mn (%)	1,0	0,451	1,0	0,460
Zn (%)	1,4	0,530	4,0	1,545
Ni (%)	0,002	0,001	0,002	0,001
Fe (%)	0,02	0,009	0,02	0,009
Cu (%)	0,05	0,019	0,05	0,020

3°) Le temps (t) est le temps de séjour maximum considéré en fonction du type de ballon, soit :

- t = 0,5 jour pour le ballon de capacité < 50 L,
- t = 1 jour pour le ballon 50 L ≤ capacité < 500 L,
- t = 2 jours pour le ballon de capacité ≥ 500 L.

3°) The time (t) is the maximum residence time depending on the type of tank, i.e.:

- t = 0.5 days for the tank with capacity < 50 l,
- t = 1 day for the 50 l tank ≤ capacity < 500 l,
- t = 2 days for the tank with a capacity ≥ 500 l.



Selon le pétitionnaire, ces temps de séjour différents du dossier initial sont cohérents avec les réglementations (UE) n° 814/2013<sup>5</sup> (Ecoconception) et (UE) n° 812/2013<sup>6</sup> (étiquetage énergétique) qui fixent des exigences notamment en nombre de chauffes journalières suivant la capacité du ballon. Toutefois, ces temps de séjour ne prennent pas en compte les temps prolongés de non utilisation des appareils (absence du week-end, maison secondaire, etc.) ;

4°) Les CR prises en compte sont celles fixées par la 4MSI<sup>7</sup> : 100 µg/L pour l'Al, 25 µg/L pour le Mn, 2700 µg/L pour le zinc (Zn), 100 µg/L pour le fer (Fe), 1800 µg/L pour le cuivre (Cu) et 10 µg/L pour le nickel (Ni)<sup>8</sup>. Pour rappel, il n'y a pas de CR fixée pour le Mg mais une limite supérieure de sécurité (LSS)<sup>9</sup>, valable pour toute personne au-delà de 4 ans<sup>10</sup>, de 250 mg/j existe (Anses, 2021)<sup>11</sup>. L'apport en Mg par les anodes étant dans le « pire cas » de l'ordre du mg/L, il n'a pas été considéré dans les calculs.

According to the applicant, these residence times are different from the initial file but are consistent with the No 814/2013<sup>5</sup> (Ecodesign) and No 812/2013<sup>6</sup> (Energy labelling) Regulations, which set requirements (EU) in particular in terms of the number of daily heating operations depending on the capacity of the storage tank. However, these residence times do not take into account the extended periods of non-use of the appliances (weekend absence, second home, etc.);

4°) The RCs taken into account are those fixed by the 4MSI<sup>7</sup>: 100 µg/l for Al, 25 µg/l for Mn, 2700 µg/l for zinc (Zn), 100 µg/l for iron (Fe), 1800 µg/l for copper (Cu) and 10 µg/l for nickel (Ni)<sup>8</sup>. As a reminder, there is no fixed RC for Mg but an Upper Intake Level (UL)<sup>9</sup>, valid for everyone over 4 years of age<sup>10</sup>, of 250 mg/d (ANSES, 2021)<sup>11</sup>. Since the Mg leaching from the anodes is in the "worst case" of the order of mg/l, it was not taken into account in the calculations.

<sup>5</sup> Règlement (UE) n° 814/2013 de la Commission du 2 août 2013 portant application de la directive 2009/125/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les exigences d'écoconception applicables aux chauffe-eau et aux ballons d'eau chaude / Commission Regulation (EU) No 814/2013 of August 2, 2013 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to eco-design requirements for water heaters and hot water storage tanks. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0814>

<sup>6</sup> Règlement délégué (UE) n° 812/2013 de la Commission du 18 février 2013 complétant la directive 2010/30/UE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne l'étiquetage énergétique des chauffe-eau, des ballons d'eau chaude et des produits combinés constitués d'un chauffe-eau et d'un dispositif solaire / Commission Delegated Regulation (EU) No 812/2013 of February 18, 2013 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to the energy labelling of water heaters, hot water storage tanks and packages of water heater and solar device.. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0812>

<sup>7</sup> Les CR représentent 90 % (si la principale source de contamination des EDCH est les matériaux

métalliques) ou 50 % (s'il existe d'autres sources de contamination des EDCH) des limites ou référence de qualité de l'EDCH/ The RCs represent 90% (if the main source of drinking water contamination is metallic materials) or 50% (if there are other sources of drinking water contamination) of DWD parametric values.

<sup>8</sup> [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/ca\\_mm\\_part\\_a\\_-\\_methodologies\\_for\\_testing\\_and\\_accepting\\_compositions\\_july\\_2021\\_rev04\\_version\\_2.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/ca_mm_part_a_-_methodologies_for_testing_and_accepting_compositions_july_2021_rev04_version_2.pdf)

<sup>9</sup> LSS : apport journalier chronique maximal d'une vitamine ou d'un minéral considéré comme peu susceptible de présenter un risque d'effets indésirables sur la santé de toute la population.

UL: maximum chronic daily intake of a vitamin or mineral considered unlikely to present a risk of adverse health effects for the entire population.

<sup>10</sup> Aucune LSS n'a été définie pour les enfants plus jeunes en l'absence de données / No UL was defined for younger children in the absence of data.

<sup>11</sup> Avis et rapport de l'Anses (Mars 2021). Les références nutritionnelles en vitamines et minéraux. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2018SA0238Ra.pdf>  
ANSES' Opinion on the updating of the French dietary reference values for vitamins and minerals. <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2018SA0238EN.pdf>

Le GT MATAE est d'accord sur l'utilisation de la loi de Faraday pour fixer les courants limites de corrosion permettant de ne pas dépasser les CR fixées par la 4MSI pour les éléments constitutifs des alliages de Mg (cf. annexe).

The MATAE WG agrees on the use of Faraday's law to set the limit of corrosion current making it possible not to exceed the RCs set by the 4MSI for the constituent elements of Mg alloys (see annex).

Le GT MATAE n'a pas d'opposition à la proposition du pétitionnaire, de fixer par gamme de capacité des appareils de production et/ou de stockage d'ECS, les valeurs limites de courant de corrosion à ne pas dépasser, exprimées en intensité par volume :

The MATAE WG does not oppose, to the applicant's proposal, to set by capacity range of HDW production and/or storage appliances, the limit values of corrosion current not to be exceeded, expressed as intensity per volume:

**Tableau 1** : Valeurs limites de courant de corrosion (intensité par volume) selon les gammes de capacité  
**Table 1**: Limit values of corrosion current (intensity per volume).by capacity range

Gamme / Range	Temps de séjour (j) Residence time (j)	MgAl3Zn1 (AZ31)	MgAl6Zn3 (AZ63)
Capacité / Capacity < 50 L	0,5	0,45 mA/L	0,38 mA/L
50 L ≥ Capacité / Capacity < 500 L	1	0,23 mA/L	0,19 mA/L
Capacité / Capacity ≥ 500 L	2	0,11 mA/L	0,09 mA/L

### 3.3. Examen de la méthode utilisée pour mesurer le courant de corrosion / Analysis of the method used to measure the corrosion current

Pour pouvoir valider l'utilisation des anodes de Mg moyennant un courant de corrosion à ne pas dépasser, il convient de pouvoir vérifier ce dernier par une méthode adéquate.

In order to validate the use of Mg anodes with a corrosion current not to be exceeded, it is necessary to be able to check the latter by an appropriate method.

Dans le dossier initial, le pétitionnaire avait utilisé une méthode s'appuyant sur la norme DIN 4753-3<sup>12</sup>, faisant référence au sein de la profession. Son utilisation pour mesurer le courant de corrosion n'avait pas été remise en cause par les experts rapporteurs, les conditions de mesure « pire cas » (temps de séjour de l'eau dans le ballon et conductivité de l'eau) ayant été considérées comme acceptables.

In the initial file, the applicant used a method based on the DIN 4753-3<sup>12</sup> standard, a reference within the profession. Its use for measuring the corrosion current had not been questioned by the experts, the "worst case" measurement conditions (residence time of the water in the tank and conductivity of the water) having been considered acceptable.

<sup>12</sup> DIN 4753-3 (August 2017): Water heaters, water heating installations and storage water heaters for

drinking water. Part 3: Corrosion protection on the water side by enameling and cathodic protection. Requirements and testing (version anglaise).

Pour rappel, les mesures de courant de corrosion avaient été réalisées pour deux valeurs de conductivité d'eau : 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  considérées par le pétitionnaire comme valeurs extrêmes de la qualité des eaux françaises. Les experts rapporteurs avaient considéré que la valeur de 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  couvrait bien la borne haute de la référence de qualité pour l'EDCH à 25 °C (Références de qualité : 200 - 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié<sup>13</sup>).

Suite à la demande du GT MATAE, le schéma du dispositif expérimental (précisant les connexions entre les différents éléments) utilisé pour mesurer le courant de corrosion a été fourni par le pétitionnaire.

Le GT MATAE rappelle que pour que le ballon à protéger soit sous protection cathodique, il doit être isolé électriquement de la terre et connecté à l'anode sacrificielle. Par ailleurs, un métal dans un électrolyte, l'eau en l'occurrence, étant sujet à la fois à des réactions anodiques et cathodiques, en l'absence de polarisation (ballon isolé de la terre), la somme des courants anodiques doit être égale en valeur absolue à celle des courants cathodiques. Comme il n'y a pas de polarisation préconisée par la norme DIN 4753-3, lors de la mesure, les électrodes métalliques (anode et ballon) doivent se trouver au potentiel de corrosion où la somme des courants anodiques et cathodiques est nulle.

As a reminder, the corrosion current measurements had been carried out for two water conductivity values: 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  considered by the applicant as extreme values for the quality of French water. The experts had considered that the value of 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  covered the upper limit of the quality reference for DW at 25 °C (Quality reference values: 200 – 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in the amended Ministerial Order of January 11, 2007<sup>13</sup>).

Following the request of the MATAE WG, the diagram of the test set-up (specifying the connections between the different elements) used to measure the corrosion current was provided by the applicant.

The MATAE WG reminds that for the tank to be protected under cathodic protection, it must be electrically insulated from the ground and connected to the sacrificial anode. Moreover, a metal in an electrolyte, water in this case, being subject to both anodic and cathodic reactions, in the absence of polarization (tank insulated from the ground), the sum of the anodic current must be equal in absolute value to that of the cathodic current. As there is no polarization recommended by the DIN 4753-3 standard, the metallic electrodes (anode and tank) must be at the corrosion potential during the measurement where the sum of the anodic and cathodic currents is zero.

---

<sup>13</sup> Arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique / Amended Ministerial Order of 11 January 2007 on the quality

limits and references for raw water and water intended for human consumption mentioned in articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 and R. 1321-38 of the French public health code.

Le but de la protection cathodique étant de mettre au même potentiel l'anode et le ballon à protéger, si les deux potentiels sont identiques, le courant mesuré entre l'anode et le ballon à protéger doit être nul. L'ampèremètre préconisé dans le schéma de montage de la norme doit servir à vérifier que le courant est nul et que les bonnes conditions d'isolement de la cuve et de la protection cathodique sont satisfaites.

Les courants mesurés par le pétitionnaire, d'intensité non nulle, traduisent un défaut de protection cathodique mais ne correspondent pas aux courants de corrosion. Pour le ballon en acier inoxydable le courant mesuré est nul mais ne correspond pas au courant de corrosion celui-ci étant égal au courant passif. En effet, si le ballon est relié à la terre ce dernier va être à un certain potentiel de valeur inconnue qui sera imposé au ballon d'où le potentiel différent entre l'anode sacrificielle et le ballon ce qui est contraire au principe de la protection cathodique.

Selon le GT MATAE, la méthode décrite dans la norme DIN 4753-3 utilisée pour mesurer les courants de corrosion est inappropriée. Ainsi, les deux valeurs de courant de corrosion (6 mA pour un ballon de 500 L et 3 mA pour un ballon de 10 L), mesurées avec le dispositif figurant dans cette norme et prises en compte dans le calcul du profil de relargage des anodes de Mg dans le dossier initial n'étaient pas justes et ne pouvaient pas être comparées aux valeurs maximales acceptables calculées par la loi de Faraday.

The aim of cathodic protection being to put the anode and the tank to be protected at the same potential, if the two potentials are identical, the current measured between the anode and the tank to be protected must be zero. The ammeter recommended in the diagram of the test set-up in the standard must be used to check that the current is zero and that the good insulation conditions for the tank and the cathodic protection are satisfied.

The currents measured by the applicant, which intensity are not zero, indicate a cathodic protection failure but do not correspond to the corrosion currents. For the stainless steel tank, the measured current is zero but does not correspond to the corrosion current, the latter being equal to the passive current. Indeed, if the tank is connected to the ground, the tank will be at a potential of unknown value which will be imposed on the tank, hence the different potential between the sacrificial anode and the tank, which is contrary to the principle of the cathodic protection.

According to the MATAE WG, the method specified in DIN 4753-3 standard used to measure corrosion currents is not appropriate. Thus, the two corrosion current values (6 mA for a 500 l tank and 3 mA for a 10 l tank), measured using the test set-up of this standard and which were used in the calculation of the release profile of the Mg anode in the initial file were not correct and could not be compared to the maximum acceptable values calculated by Faraday's law.

Pour mesurer le courant de corrosion, il faudrait polariser l'anode sacrificielle en introduisant dans le ballon deux électrodes (une électrode de référence et une contre électrode). Il existe des normes (par exemple la norme NF EN 12499<sup>14</sup>) décrivant comment mesurer le potentiel de corrosion et qui pourraient également être utilisées pour mesurer le courant de corrosion. Cependant, ces mesures ne sont pas réalisables sur des ballons réels mais seulement en laboratoire.

In order to measure the corrosion current, the sacrificial anode should be polarized by introducing two electrodes (a reference electrode and a counter electrode) into the tank. There are standards (e.g. NF EN 12499<sup>14</sup>) describing how to measure the corrosion potential which could also be used to measure the corrosion current. However, these measurements may not be carried out on real tanks but only in the laboratory.

#### **3.4. Recommandations pour la validation par l'expérimentation de l'approche par modélisation / Recommendations for experimental validation of the modelling approach.**

Comme il n'existe pas de méthode simple de mesure du courant de corrosion au moyen d'un ampèremètre, le GT MATAE recommande de réaliser, dans des conditions d'isolation maîtrisées (ballon isolé de la masse et vérification par un ampèremètre que le courant est nul), des mesures directes de perte de masse de l'électrode. En utilisant la loi de Faraday, le courant de corrosion pourra être déduit de la mesure de la perte de masse.

As there is no simple method to measure the corrosion current with an ammeter, the MATAE WG recommends to carry out, under controlled insulation conditions (tank insulated from ground and verification by an ammeter that the current is zero), direct measurements of the mass loss of the electrode. By using Faraday's law, the corrosion current can be deduced from the mass loss measurement.

Même si les méthodes gravimétriques ne sont pas très précises (précision au centigramme) elles devraient convenir pour des électrodes de petite taille (100 grammes par exemple). Dans les conditions d'essais (cf. ci-dessous), la perte de masse attendue pourra être calculée en utilisant la loi de Faraday afin de connaître et de définir la précision de la balance à utiliser pour les essais.

Although the gravimetric methods are not very precise (centigram precision) they should be suitable for small electrodes (e.g. 100 grams). Under the test conditions (see below), the expected mass loss can be calculated using Faraday's law in order to know and define the accuracy of the balance to be used for the tests.

---

<sup>14</sup> NF EN 12499 (mai / May 2003). Protection cathodique interne des structures métalliques /

Internal cathodic protection of metallic structures.

La mesure de la perte de masse permettra d'avoir un ordre de grandeur du courant de corrosion qui pourra être comparé au courant de corrosion maximal calculé à respecter. S'il est très inférieur, l'incertitude de mesure liée à la méthode gravimétrique pourra être considérée comme acceptable.

Concernant l'effet de la température (entre 20 et 60 °C), même si l'approche expérimentale du premier dossier n'avait pas montré d'effet, au regard des biais de mesure du courant de corrosion selon la norme DIN 4753-3 mentionnés ci-dessus, le GT MATAE recommande de réaliser des mesures de perte de masse à 20 et 60 °C.

Le protocole de mesure de la perte de masse devra être décrit précisément (nettoyage éventuel des anodes, température et temps de séchage des électrodes avant la pesée notamment). Le GT MATAE recommande de réaliser les essais avec une eau de synthèse reproductible d'un laboratoire à l'autre. L'eau utilisée par le pétitionnaire pour les mesures de courant de corrosion dans le dossier initial (eau adoucie et déminéralisée puis amenée à 1200 µS/cm par ajout de NaCl) ne devrait pas entraîner de dépôts sur l'anode, les dépôts se faisant préférentiellement sur les zones cathodiques donc sur les défauts du ballon. Le GT MATAE recommande de réaliser les essais avec cette eau de conductivité « pire cas ».

Des essais avec chauffe étant préconisés, les anodes devront être pesées avec leur bride, ce qui en augmentera la masse totale.

The mass loss measurement will provide an order of magnitude of the corrosion current which can be compared to the calculated maximum corrosion current to be respected. If it is much lower, the measurement uncertainty associated with the gravimetric method can be considered acceptable.

Concerning the effect of temperature (between 20 and 60 °C), even if the experimental approach in the first document had not shown any effect, in view of the measurement biases of the corrosion current according to standard DIN 4753-3 mentioned above, the MATAE WG recommends to carry out mass loss measurements at 20 and 60 °C.

The mass loss measurement protocol must be described precisely (possible cleaning of the anodes, temperature and drying time of the electrodes before weighing in particular). The MATAE WG recommends to carry out the tests with synthetic water that is reproducible from one laboratory to another. The water used by the applicant for the corrosion current measurements in the initial file (softened and demineralized water then brought to 1200 µS/cm by adding NaCl) should not cause deposits on the anode, as the deposits are preferentially made on the cathodic zones and therefore on the tank defects. The MATAE WG recommends carrying out the tests with this "worst case" conductivity water.

As tests with heating are recommended, the anodes will have to be weighed with their flange, which will increase their total mass.

Au regard de la difficulté pratique à produire une eau de synthèse en très grande quantité, les essais devront être réalisés en priorité sur des ballons de petites capacités pour vérifier la faisabilité et valider l'approche proposée. Les surfaces d'électrode devront être favorables pour ce type de mesure mais représentatives de cas réels.

Il est difficile de fixer *a priori* la durée minimale de l'essai nécessaire, l'idéal serait de pouvoir sortir l'anode, la rincer, la sécher, la peser et la remettre pour poursuivre l'essai sachant que cela ne sera pas forcément possible, ces opérations étant destructives pour l'anode. La durée des essais dépendra des premiers résultats. Le GT MATAE recommande en première intention des essais sur 10 jours. Au regard des résultats, des essais sur 20, 30 jours, voire 60 jours pourront être nécessaires.

Les conditions des essais doivent rester représentatives de conditions réelles d'utilisation de ballon d'eau chaude dans le cas le plus défavorable (pire cas). Les essais devront être réalisés sur une gamme suffisante de ballons représentative de l'offre existante sur le marché et des différentes qualités de produits disponibles.

Le GT MATAE recommande de commencer les essais par des ballons en acier émaillé et des ballons en acier revêtu de résine époxydique qui présenteront des conditions plus défavorables à la perte de masse de l'anode que les ballons en acier inoxydable.

In view of the practical difficulty of producing synthetic water in very large quantities, the tests will have to be carried out as a priority on small-capacity tanks in order to verify the feasibility and validate the proposed approach. The electrode surfaces must be favorable for this type of measurement but representative of real cases.

It is difficult to define *a priori* the minimum duration of the test required, the ideal case would be to be able to take out the anode, rinse it, dry it, weigh it and put it back in to continue the test, knowing that this will not necessarily be possible because these operations are destructive to the anode. The duration of the test will depend on the first results. The MATAE WG recommends first-line trials over 10 days. Depending on the results, tests over 20, 30 or even 60 days may be necessary.

The test conditions must be representative of the actual conditions of use of the hot water tanks in the most unfavorable case (worst case). The tests must be carried out on a sufficient range of tanks representative of the existing offer on the market and of the different qualities of available products.

The MATAE WG recommends starting the tests with enamelled steel and epoxy resin coated steel tanks which will have more unfavourable conditions for anode mass loss than stainless steel tanks.

Pour valider cette approche, le GT MATAE recommande en sus de réaliser des analyses de métaux en solution même s'il existera un biais. En effet, les métaux peuvent précipiter au fond et sur les parois de la cuve et ne pas être présents dans la phase liquide prélevée et analysée. Le GT recommande d'analyser tous les éléments constitutifs de l'alliage de Mg de l'anode utilisée par spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) selon la norme NF EN ISO 17294-2<sup>15</sup>.

Les essais de perte de masse et de mesure des éléments métalliques dans l'eau devront être réalisés simultanément. Le GT MATAE recommande de réaliser des essais au moins sur trois ballons pour chaque cas considéré afin d'avoir des données représentatives.

Les renouvellements d'eau pendant l'expérimentation semblent pertinents notamment en ce qui concerne le renouvellement d'oxygène.

To validate this approach, the MATAE WG also recommends to carry out analysis of metals in solution even if there will be a bias. Indeed, metals may precipitate at the bottom and on the walls of the tank and may not be present in the liquid phase taken and analyzed. The WG recommends analyzing all the constituent elements of the Mg alloy of the anode used by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) according to standard NF EN ISO 17294-2<sup>15</sup>.

The mass loss and metal-in-water analysis should be carried out simultaneously. The MATAE WG recommends carrying out tests on at least three tanks for each considered case in order to have representative data.

The renewals of water during the experiment seem relevant, particularly with regard to the renewal of oxygen.

---

<sup>15</sup> NF EN ISO 17294-2. Qualité de l'eau - Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) – Partie 2 : Dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium. La norme permet le dosage des 62 éléments suivants : aluminium, antimoine, argent, arsenic, baryum, béryllium, bismuth, bore, cadmium, césium, calcium, cérium, chrome, cobalt, cuivre, dysprosium, erbium, étain, fer, gadolinium, gallium, germanium, hafnium, holmium, indium, iridium, lanthane, lithium, lutécium, magnésium, manganèse, mercure, molybdène, néodyme, nickel, or, palladium, phosphore, platine, plomb, potassium, praséodyme, rubidium, rhénium, rhodium, ruthénium, samarium, scandium, sélénium, sodium, strontium, terbium, tellure, thorium, thallium, thulium, tungstène, uranium et ses isotopes, vanadium, yttrium, ytterbium, zinc et zirconium /

Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) - Part 2: determination of selected elements including uranium isotopes. The standard specifies a testing method for the following 62 elements: aluminium, antimony, arsenic, barium, beryllium, bismuth, boron, cadmium, caesium, calcium, cerium, chromium, cobalt, copper, dysprosium, erbium, europium, gadolinium, gallium, germanium, gold, hafnium, holmium, indium, iridium, lanthanum, lead, lithium, lutetium, magnesium, manganese, molybdenum, neodymium, nickel, palladium, phosphorus, platinum, potassium, praseodymium, rubidium, rhenium, rhodium, ruthenium, samarium, scandium, selenium, silver, sodium, strontium, terbium, tellurium, thorium, thallium, thulium, tin, tungsten, uranium, vanadium, yttrium, ytterbium, zinc and zirconium.



Par ailleurs, concernant les calculs par la loi de Faraday, l'hypothèse de proportionnalité entre les concentrations des éléments dans l'alliage et les vitesses de dissolution dans l'eau retenue est probablement inexacte mais plutôt protectrice pour ce qui est des éléments Al et Mn dont les concentrations limites ont été atteintes plus rapidement que les autres éléments (thermodynamiquement, il y aura une dissolution sélective de Mg)<sup>16,17</sup>. Cela renforce l'intérêt de faire des mesures directes des cations métalliques dans l'eau pour valider l'approche par calcul.

Si les objectifs de cette approche expérimentale sont dans un premier temps de valider l'approche par modélisation proposée, l'idéal serait de définir une procédure à utiliser ensuite pour vérifier la conformité de tout nouveau modèle de ballon/anode de Mg mis sur le marché.

### 3.5. Conclusion et recommandations / Conclusion and recommendations

Sur la base des éléments présentés dans le nouveau dossier, le GT MATAE estime que les restrictions fixées dans l'avis n° 2021-SA-0186 du 18 février 2022 doivent être reconsidérées. En effet, les deux valeurs de courant de corrosion (6 mA pour un ballon de 500 L et 3 mA pour un ballon de 10 L) qui ont été prises dans le calcul utilisant la loi de Faraday, du profil de relargage des anodes de Mg dans le dossier initial n'étaient pas exactes et les concentrations en éléments métalliques dans l'eau en découlant ne pouvaient pas être comparées aux CR fixées par la 4MSI.

Moreover, concerning the calculations by Faraday's law, the assumption of proportionality between the concentrations of the elements in the alloy and the elemental dissolution rates in the water is probably inaccurate but rather protective with regard to the elements Al and Mn whose limit concentrations have been reached more rapidly than the other elements (thermodynamically, there will be a selective dissolution of Mg)<sup>16,17</sup>. This reinforces the interest of making direct measurements of metal cations in water to validate the calculation approach.

While the objectives of this experimental approach are initially to validate the proposed modelling approach, it would be ideal to define a procedure to be used subsequently to verify the conformity of any new tank/Mg anode model put on the market.

Based on the information presented in the new file, the MATAE WG considers that the restrictions set out in Opinion No 2021-SA-0186 of February 18, 2022 should be reconsidered. Indeed, the two corrosion current values (6 mA for a 500 l tank and 3 mA for a 10 l tank) which were used in the calculation using Faraday's law, of the Mg anode release profile in the initial file were not correct and the resulting concentrations of metallic elements in the water could not be properly compared with the RCs set by the 4MSI.

<sup>16</sup> M. Pourbaix, Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions (National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas) 2nd ed. (1974).

<sup>17</sup> S.B. Inman et al., "Effect of Mn content on the passivation and corrosion of

Al<sub>0.3</sub>Cr<sub>0.5</sub>Fe<sub>2</sub>Mn<sub>x</sub>Mo<sub>0.15</sub>Ni<sub>1.5</sub>Ti<sub>0.3</sub> compositionally complex face-centered cubic alloys", *Corrosion*, **78**(1);32-48 (2022); <https://doi.org/10.5006/3906>

La loi de Faraday permet de calculer *a priori* les valeurs limites de courant de corrosion en fonction du volume, en deçà desquelles les concentrations des éléments constitutifs des alliages de Mg émises par l'anode dans l'eau du ballon ne dépassent pas les concentrations de référence fixées par la 4MSI (cf. Tableau 1).

Cependant, la méthode décrite dans la norme DIN 4753-3 et utilisée par le pétitionnaire pour mesurer les courants de corrosion n'est pas appropriée. Ainsi, le GT MATAE demande que des mesures de perte de masse des électrodes de Mg et des analyses de concentrations en éléments métalliques dans l'eau des ballons soient réalisées (cf. § 3.4) et que les protocoles de mesure et les résultats lui soient transmis.

Ces données sont nécessaires pour définir l'approche la plus pertinente pour vérifier que les produits mis sur le marché n'entraînent pas de risque de dépassement des CR dans l'eau pour les éléments constitutifs des anodes dans les conditions d'utilisation habituelles.

En effet, en l'état actuel des connaissances, même si aucun impact sur la qualité de l'eau n'a été rapporté dans la littérature en dehors de périodes de stagnations prolongées (cf. avis 2021-SA-0186), il ne peut pas être exclu de risques de dépassement des CR dans les ballons d'ECS.

Ainsi, le GT MATAE a besoin de données complémentaires permettant de s'assurer qu'un protocole robuste pourra être défini pour l'évaluation des ballons d'ECS équipés d'anode de Mg et statuer sur la pertinence de fixer d'éventuelles restrictions d'usage (valeurs limites de courant de corrosion notamment).

Faraday's law allows to calculate *a priori* the corrosion current limit values per volume, below which the concentrations of the constituent elements of the Mg alloys released from the anode into the water tank do not exceed the reference concentrations fixed by the 4MSI (cf. Table 1).

However, the method described in the DIN 4753-3 standard and used by the applicant to measure the corrosion currents is not appropriate. Thus, the MATAE WG requests measurements of the mass loss of the Mg electrodes and analysis of the concentrations of metallic elements in the water in the tanks (cf. § 3.4). The measurement protocols and the results need to be sent to ANSES.

These data are necessary to define the most relevant approach to verify that the marketed products do not lead to a risk of exceeding the RCs in water for the constituent elements of the anodes under usual conditions of use.

Indeed, in the current state of knowledge, even if no impact on water quality has been reported in the literature apart from prolonged stagnation periods (cf. Opinion 2021-SA-0186), the risk of exceeding the RCs in the HDW tanks cannot be ruled out.

Thus, the MATAE WG needs additional data to ensure that a robust evaluation protocol could be defined for HDW tanks equipped with Mg anode and decide on the relevance of setting possible restrictions on use (corrosion current limit values in particular).

#### 4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE / AGENCY CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte les conclusions du GT « MATAE », et en particulier l'accord sur le calcul proposé pour définir les valeurs limites des courants de corrosion par unité de volume, ce qui ouvre la voie à réviser les restrictions formulées à l'issue de son expertise précédente. S'agissant de la mesure de ces courants, l'Anses acte également l'inadéquation de la norme DIN 4753-3, utilisée par le pétitionnaire dans le précédent dossier.

S'agissant de la mise en place d'un protocole pour déterminer les courants de corrosion, l'Anses prend note des difficultés expérimentales pour garantir une mesure fiable. Elle souligne que des pistes et recommandations sont formulées par les experts à cet égard, mais considère avant tout qu'il relève de la responsabilité du pétitionnaire de définir et argumenter le dispositif qu'il va retenir et mettre en œuvre en vue de finaliser son dossier, en prenant en compte ces pistes ou en formulant une proposition qui évite les écueils identifiés. Aussi, il conviendrait qu'une demande en ce sens soit portée formellement auprès du pétitionnaire par l'autorité administrative.

La présente note d'appui scientifique et technique a vocation à être complétée et remplacée en fin d'instruction de la demande par un avis de l'Anses.

The French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety adopts the conclusions and recommendations of the MATAE WG and in particular the agreement on the calculation proposed to define the limit value of corrosion current per volume, which opens the way to review the restrictions specified at the end of its previous appraisal. In terms of the measurement of these currents, ANSES also notes the inadequacy of the DIN 4753-3 standard used by the applicant in the previous dossier.

Concerning the implementation of a protocol for determining corrosion currents, ANSES takes note of the experimental difficulties involved to guarantee a reliable measurement. It underlines that the experts have made suggestions and recommendations in this respect, but considers that it is the responsibility of the applicant to define and justify the system that he will choose and implement in order to finalize his file, taking these suggestions into account or formulating a proposal that avoids the pitfalls identified. A formal request in that way should therefore be made to the applicant by the administrative authority.

This scientific and technical support note is intended to be achieved and replaced at the end of the application process by an ANSES' Opinion.

Pr Benoit VALLET

## MOTS-CLÉS / KEYWORDS

Eau destinée à la consommation humaine (EDCH), eau chaude sanitaire (ECS), matériaux au contact de l'EDCH (MCDE), anodes sacrificielles en magnésium, acier émaillé, acier revêtu de résine époxydique, acier inoxydable, protection cathodique contre la corrosion.

Drinking water (DW), domestic hot water (DHW), materials in contact with drinking water (DWCMs), magnesium sacrificial anodes, enamelled steel, epoxy resin coated steel, stainless steel, cathodic protection against corrosion.

**ANNEXE 1 – CALCULS DES COURANTS DE CORROSION MAXIMUM A NE PAS DÉPASSER POUR RESPECTER LES CONCENTRATIONS DE RÉFÉRENCES (CR) DES CONSTITUANTS ET IMPURETÉS DES ALLIAGES DE Mg UTILISÉS POUR LA FABRICATION DES ANODES / ANNEX 1 - CALCULATIONS OF MAXIMUM CORROSION CURRENTS NOT TO BE EXCEEDED TO MEET REFERENCE CONCENTRATIONS (RC) OF CONSTITUENTS AND IMPURITIES OF Mg ALLOYS USED FOR ANODES' MANUFACTURING**

MgAl3Zn1 (AZ31)							
	X	CR / RC (µg/L)	A (g/mol)	n	Composition molaire de l'alliage Molar composition of alloy (%)	t (j)	I <sub>anode</sub> maximum (mA/L)
<b>Ballon de capacité Tank capacity &lt; 50 L</b>	Mg	-	24,3	2	96	0,5	-
	Al	100	26,98	3	3,211	0,5	0,77
	Mn	25	54,94	2	0,451	0,5	0,45
	Zn	2700	65,38	2	0,530	0,5	34,8
	Ni	10	58,69	2	0,001	0,5	76,1
	Fe	100	55,84	2	0,009	0,5	88,9
	Cu	1800	63,55	2	0,019	0,5	666
<b>Ballon de capacité Tank capacity ≥ 50 L &amp; &lt; 500 L</b>	Mg	-	24,3	2	96	1	-
	Al	100	26,98	3	3,211	1	0,39
	Mn	25	54,94	2	0,451	1	0,23
	Zn	2700	65,38	2	0,530	1	17,4
	Ni	10	58,69	2	0,001	1	38,1
	Fe	100	55,84	2	0,009	1	44,4
	Cu	1800	63,55	2	0,019	1	333
<b>Ballon de capacité Tank capacity ≥ 500 L</b>	Mg	-	24,3	2	96	2	-
	Al	100	26,98	3	3,211	2	0,19
	Mn	25	54,94	2	0,451	2	0,11
	Zn	2700	65,38	2	0,530	2	8,7
	Ni	10	58,69	2	0,001	2	19
	Fe	100	55,84	2	0,009	2	22,2
	Cu	1800	63,55	2	0,019	2	166

<b>MgAl6Zn3 (AZ63)</b>							
	X	CR / RC (µg/L)	A (g/mol)	n	Composition molaire de l'alliage <b>Molar composition of alloy</b> (%)	t (j)	I <sub>anode</sub> maximum (mA/L)
<b>Ballon de capacité Tank capacity &lt; 50 L</b>	Mg	-	24,3	2	91	0,5	-
	Al	100	26,98	3	6,554	0,5	0,38
	Mn	25	54,94	2	0,460	0,5	0,44
	Zn	2700	65,38	2	1,546	0,5	11,9
	Ni	10	58,69	2	0,001	0,5	76,1
	Fe	100	55,84	2	0,009	0,5	88,9
	Cu	1800	63,55	2	0,020	0,5	633
<b>Ballon de capacité Tank capacity ≥ 50 L &amp; &lt; 500 L</b>	Mg	-	24,3	2	91	1	-
	Al	100	26,98	3	6,554	1	0,19
	Mn	25	54,94	2	0,460	1	0,22
	Zn	2700	65,38	2	1,546	1	5,97
	Ni	10	58,69	2	0,001	1	38,1
	Fe	100	55,84	2	0,009	1	44,4
	Cu	1800	63,55	2	0,020	1	316
<b>Ballon de capacité Tank capacity ≥ 500 L</b>	Mg	-	24,3	2	91	2	-
	Al	100	26,98	3	6,554	2	0,09
	Mn	25	54,94	2	0,460	2	0,11
	Zn	2700	65,38	2	1,546	2	2,98
	Ni	10	58,69	2	0,001	2	19
	Fe	100	55,84	2	0,009	2	22,2
	Cu	1800	63,55	2	0,020	2	158