

# ***Environmental management test of unconventional waters (treated wastewater) in the plain of Tamalous NE-Algeria***

Sadoune Abdelaziz<sup>(1)</sup> Ferroum Asma<sup>(1)</sup> Hannouche Mani <sup>(1)</sup> Heddams Salim <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Annaba university, Algeria [Sadoune.aziz@gmail.com](mailto:Sadoune.aziz@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Skikda University ,Algeria [heddamsalim@yahoo.fr](mailto:heddamsalim@yahoo.fr)

**Abstract-Algeria is currently struggling with a problem of water scarcity that has been growing for years and is characterized by a persistent drought that causes a decrease in water potential.**

**This situation constitutes a worrying problem in almost all the regions of our country, namely in our region, the locality of Tamalous which is part of the massif of Collo, the latter makes it necessary to adopt a new integrated approach, which takes into account demand management and the use of non-conventional water resources (desalination of seawater and re-use of treated wastewater).**

**Treated wastewater harvested downstream from urban sanitation systems represents unconventional renewable water, which could be an additional and inexpensive source for agriculture in the vicinity of urban centers. However, due to the varying nature of the composition of this water, its reuse should be carefully managed, monitored and controlled by specialists, to verify potential risks and threats to users, soil, water, irrigated crops and environment.**

**Keywords—waste water; Tamalous; sanitation; environment; water potential**

## I. INTRODUCTION

The present study is intended to be a step towards promoting the use in agriculture of treated wastewater, with appropriately chosen standards and sound technical information, with a view to minimizing risk and protecting the environment. the environment

The objective of this study is to propose the construction of a purified wastewater treatment plant at the Tamalous locality level by ensuring a rational and rational management of water resources. The process used is of the low-sludge activated sludge type with mechanical sludge dewatering and chlorine disinfection at the end of the treatment chain.

Fig. 1. Study area



*a-current and future hydraulic situation in the study area*

Tamalous is located north-east of Basin Constantine bordering the Mediterranean. It has a total area of approximately 370 km<sup>2</sup>. The useful agricultural area (UAA) is about 10 million hectares, or barely 30% of the total area.

The population was estimated at over 51200 of inhabitants in 2008.

Tamalous has a warm Mediterranean climate with dry summer (Csa) according to the Köppen-Geiger classification. The average temperature in Tamalous is 18.5 ° C, with an average of 680.3 mm. The average annual temperature in Algiers is 19.7 ° C, and the precipitation averages 672.3 mm. .

### *b. Wastewater situation in Tamalous:*

The volume of US collected and intercepted in 2011 for all urban and semi-urban agglomerations is of the order of 8500 m<sup>3</sup> per day

That is 69% of the total volume produced for the whole country (2050000m<sup>3</sup> / day).

In comparison with the national scale,

In 2011. The volume of wastewater purified represents only 30% of the volume rejected.

The volume of wastewater purified and reused represents only 1.5% of the rejected volume

Biodegradability refers to the ability of an aqueous effluent to be decomposed or oxidized by micro-organisms involved in biological water purification processes.

The inhabitant equivalent is defined as the pollution produced per capita and per day, expressed in g of O<sub>2</sub> necessary for its degradation.

### *c. Specifications of wastewater.*

Wastewater is

There are three main categories of wastewater:

- of domestic origin,
- of industrial origin,
- of agricultural origin, or
- runoff:

Biodegradability refers to the ability of an aqueous effluent to be decomposed or oxidized by micro-organisms involved in biological water purification processes.

The inhabitant equivalent is defined as the pollution produced per inhabitant and per day, expressed in g of O<sub>2</sub> necessary for its degradation.

An inhabitant produces 150 to 200 liters of wastewater per day containing:

- 70 to 90 g of suspended solids (or M.E.S),
- 60 to 70g of organic matter, expressed in BOD<sub>5</sub>,
- 15 to 17 g of nitrogenous material, expressed in N,
- 4 g of phosphorus, expressed as P.

### *d- hydro-agricultural context*

In Algeria, the useful agricultural area (UAA) is only 845,000 h (RGA, 2003) or 3.45% of the total country area and only 7.57% of this UAA, or 620

000 ha, is irrigated. Most of the territory is desert (90%) or precipitation is almost zero, (chabaca, 2004). In the arid zones irrigation water supply is one of the determining factors in agricultural production, as well. In the intensification of crops, as in the extension of irrigated areas (Boualla, 2012) the drip system is one of the irrigation methods used, the irrigation technique used in the study area based on boreholes, dams and rivers.

## III-RESULTS

The strategic objective of the national clean water reuse master plan is to gradually increase the rate of reuse of treated wastewater by 2% estimated in 2011 to gradually reach 51% in 2020 and 55% in 2030.

To achieve these objectives, a program was adopted by the Environmental Protection Planning Department for the construction of 478 WWTPs between 2011 and 2030 in addition to the existing and planned WWTPs (2006-2010).

The local objective is to realize a WWTP of grade capacity

Different regulations around the world and proposed standards for REUE in Algeria

### *1. Microbiological Standards and WHO Criteria*

Currently WHO's recommendations are the only ones that exist at the international level to frame the REUE. They are a source of inspiration for many countries around the world in

establishing their regulations. However, these recommendations only concern agricultural use.

### *2. Microbiological Standards and USEPA Criteria*

The USEPA published in 1992, in collaboration with USAID, its own recommendations on the reuse of UES. Unlike the WHO, these standards are not based on epidemiological

studies and an estimate of an "acceptable" risk, but rather on an objective of "Zero pathogen" in reused

waters. Given the approach advocated, USEPA standards cover all possible uses for UES.

### *3. Analysis of standards in use and choice of a repository for Algeria*

In a context such as that in Algeria, where the existing wastewater treatment infrastructures do not allow, in certain cases, to operate only a simple treatment, the WHO model

Would better meet the immediate needs since the Algerian WWTPs have been designed to meet the basic criteria of this organization (WHO).

## IV-CONCLUSIONS & DISCUSSIONS

Undertaking a reconditioning of treated wastewater project is a long and delicate process. The two main approaches currently favored are the creation of alternative resources through the post-treatment reuse of wastewater for specific uses (industry or agriculture) and the massive use of seawater

desalination. The desalination of seawater is a solution only for the supply of drinking water to cities and coastal tourist areas. This is not a solution for irrigation that requires much too much water and does not require a level of quality as high as drinking water

## REFERENCES

- [1] Amen Allah .A.2001 "Water and Agriculture; Sludge from sewage treatment plants. How to implement traceability and self monitoring? "
- [2] Ollier and Poirée 1983 "the irrigation networks theory, technique and economy watering" Edition Eyrolles Paris
- [3] Barbé Jachy 1982 "What is purification? "
- [4] Cardot, Claudi 1982 "Water treatments: Physicochemical and biological processes"
- [5] Marwanî younes (2015) caractérisation des eaux superficielles dans la plaine de tamalous,mem masteur,université de skikda
- [6] Haiti Ali 2001 "Politics and economics; The economic value of wastewater

# Etude Fondamentale sur l’Inhibition du Phénomène d’Entartrage: Entre Chimie Verte et Phosphate!

H. Teghidet, L. Chaal, B. Saidani

*Laboratoire d’Electrochimie, Corrosion et de Valorisation Energétique (LECVE). Université A. Mira -Bejaia,  
Route de Targa Ouzemour Béjaia (06000), Algérie  
E-Mails : [teghidet.hassiba@gmail.com](mailto:teghidet.hassiba@gmail.com)*

**Résumé**— Les exigences environnementales imposent, ces dernières années, de nombreux défis dans le domaine du traitement des eaux. Le concept de « chimie verte » a été proposé et l’utilisation des produits chimiques « écologiques » est devenue une nécessité. Il est donc d’une importance primordiale d’élaborer des inhibiteurs « verts » afin de combattre le phénomène de précipitation du carbonate de calcium, communément connu sous le nom du tartre.

Dans cette optique, nous avons testé un inhibiteur vert à base de plante cultivée dans la région de Bejaïa et un inhibiteur commercialisé à base de polyphosphate. Le carbonate de calcium a été précipité par méthode électrochimique d’entartrage accéléré. Cette méthode consiste à provoquer la précipitation sur une paroi métallique (or) par modification du pH local induit par la réduction de l’oxygène dissous (-1 V/ECS) au moyen de la polarisation cathodique du métal. Les essais ont été réalisés dans une eau calcocarboniquement pure à 30°F. Les dépôts formés par chronoampérométrie ont été caractérisés par spectroscopie d’impédance électrochimique (SIE).

Les résultats ont permis de constater l’excellente efficacité inhibitrice de l’extrait végétal par rapport à l’inhibiteur commercial à base de polyphosphate, à température ambiante, à des teneurs très faibles, ce qui nous permet de recommander son utilisation dans les réseaux de distribution des eaux destinées à la consommation ou les eaux d’irrigation.

**Mots clés**— *Entartrage, carbonate de calcium, inhibition chiùique, inhibiteur vert, phosphate, environnement.*

## I. INTRODUCTION

Les dépôts de tartre peuvent être observés dans les installations industrielles ou domestiques où sont véhiculées des eaux naturelles ou de distribution. Divers sels peu solubles peuvent être présents dans la couche de tartre selon l’origine de l’eau, les traitements qu’elle a subis (variation de température ou ajout d’un constituant) et la nature de la canalisation. Le carbonate de calcium est le composé majeur de la couche de tartre [1].

Ce phénomène touche de nombreux secteurs à savoir, les circuits de distribution d’eau potable et sanitaire, les circuits d’eau industrielle (aéroréfrigérants atmosphériques, échangeurs de chaleur, chaudières, ...) et les membranes utilisées pour le dessalement des eaux. Les conséquences de ce dépôt sont principalement de trois ordres : hydraulique par obstruction partielle ou totale des conduites, thermique à cause de leur mauvais coefficient de transfert thermique et mécanique.

Plusieurs études ont été menées pour lutter contre le problème d’entartrage, mais cette étude devient complexe si on tient compte d’une part de la composition très variée des eaux naturelles et, d’autre part, des phases cristallographiques du carbonate de calcium. L’utilisation d’inhibiteurs chimiques est la solution la plus préconisée et cette méthode a largement fait preuve de son efficacité. Beaucoup de composés organiques ou inorganiques du phosphore manifestent à l’expérience un très net pouvoir tartrifuge mais leur emploi n’est évidemment pas possible dans le cas de la distribution des eaux destinées à la consommation. Il est réservé aux installations en circuit fermé (eaux de chauffage par exemple) et aux installations industrielles lorsque les quantités mises en œuvre sont compatibles avec le respect

de l'environnement. Afin de remplacer ces inhibiteurs considérés comme les plus efficaces dans la lutte contre l'entartrage, de nouvelles substances inhibitrices biodégradables voient le jour [2,3].

## II. MATERIELS ET METHODES

Les dépôts ont été formés par voie électrochimique sur une électrode d'or soumise à des conditions de contrôle hydrodynamique rigoureuses et ce, en imposant le potentiel de réduction de l'oxygène dissout (-1 V/ECS) pendant 150 minutes.

Dans le processus de lutte contre le phénomène d'entartrage, deux inhibiteurs ont été testés et appliqués sur une eau calcocarboniquement pure à 30°F: un inhibiteur vert à base de plante cultivée dans la région de Bejaia et un inhibiteur commercial à base de polyphosphates noté MEDPHOS.

Deux techniques électrochimiques ont été utilisées : la chronoampérométrie (CA) et la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE).

## III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### A. Précipitation du carbonate de calcium en absence d'inhibiteurs

Des dépôts électrochimiques ont été réalisés sur une électrode d'or par le tracé des courbes d'évolution du courant cathodique en fonction du temps à un potentiel imposé de -1 V/ECS et une vitesse de rotation de l'électrode de travail de 500 tr/mn dans une solution carboniquement pure à 30°F.

La figure 1 présente deux parties bien distinctes : une décroissance du courant traduisant le blocage progressif de la surface active de l'électrode et un palier défini par des valeurs de densités de courant infiniment faibles reflétant la compacité du dépôt. Au cours de la première partie, l'étape de germination commence et les premiers cristaux de carbonate de calcium apparaissent progressivement. Ensuite vient l'étape de cristallisation autour des germes formés qui

grossissent tandis que d'autres apparaissent. Ces cristaux recouvrent une partie de l'électrode ce qui explique la diminution en densité de courant alors que l'autre partie de l'électrode reste nue ce qui assure le passage du courant. Tant que le voisinage de l'électrode reste basique, la précipitation de carbonate de calcium se poursuit jusqu'au blocage total de l'électrode ce qui induit des valeurs de densité de courant quasiment nulles. Le temps d'entartrage  $t_E$  est défini comme étant l'intersection de la tangente au point d'inflexion de la courbe avec l'axe du temps. Il est estimé dans notre cas à 38 mn.

Le courant presque nul enregistré au-delà du temps d'entartrage, appelé densité de courant résiduelle ( $i_{res}$ ), dépend de la texture du dépôt. Une valeur de  $i_{res}$  presque nulle ne signifie pas pour autant que la déposition du tartre est terminée. En effet, le dépôt de tartre formé étant poreux, il permet à l'oxygène de diffuser à travers et de se réduire à l'interface. Plus le tartre formé est compact et isolant, plus  $i_{res}$  est faible. La valeur de la densité de courant résiduelle enregistrée sur le substrat d'or est de  $-1,63 \mu A \cdot cm^{-2}$ .

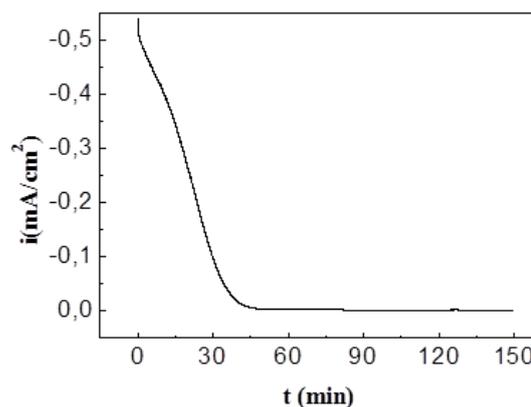


Figure 1 : Courbe CA enregistrée sur l'électrode d'or plongée dans une eau CCP à TH=30°F. T=20°C,  $\omega = 500 \text{tr/mn}$ , E= -1 V/ECS.

Afin de caractériser le dépôt de  $CaCO_3$  formé après 150 mn d'électrodéposition, des mesures par spectroscopie d'impédance électrochimique ont été effectuées sur le substrat d'or plongé dans l'eau

CCP à 30°F. Le diagramme de Nyquist est représenté sur la figure 2.

Ce diagramme présente deux boucles capacitives aplaties dont la première est à peine visible et la deuxième possède une impédance réelle élevée. La première apparaissant dans le domaine des hautes fréquences est due à la résistance de transfert de charge de l'oxygène dissous et la seconde, visible dans le domaine des basses fréquences, correspond à l'impédance de diffusion de cette même réaction.

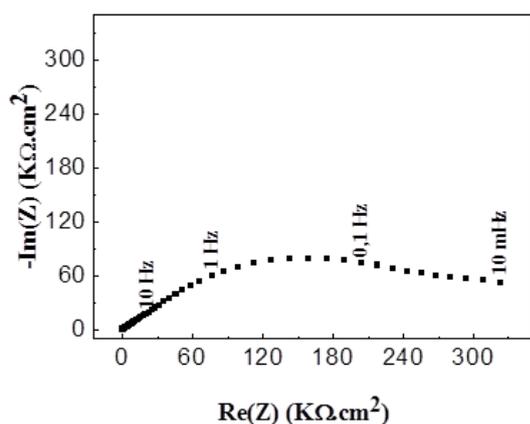


Figure 2 : Diagramme d'impédance enregistré sur l'électrode d'or plongée dans une eau CCP à TH=30°F. T=20°C, ω= 500tr/mn.

Pour donner une estimation du taux de recouvrement de l'électrode de travail, nous avons pu déterminer à travers les mesures chronoampérométriques les valeurs des densités de courant résiduelles qui donne une idée qualitative sur le taux de recouvrement final. Cependant, ce paramètre n'est pas une analyse fine car la surface non recouverte n'est pas directement proportionnelle à la valeur du courant.

Pour surpasser ce cas, les capacités hautes fréquences ont été déterminé. Celles-ci sont directement proportionnelles à la surface qui reste active. Sur la figure 3, sont représentées les valeurs de  $C_{HF}$  en fonction de  $1/\omega$  et son exploitation a donné une valeur de  $C_{HF}$  correspondant à  $0,61 \mu F.cm^2$ . Cette valeur est très faible, ce qui est attribué à la texture et à la

compacité des dépôts formés.

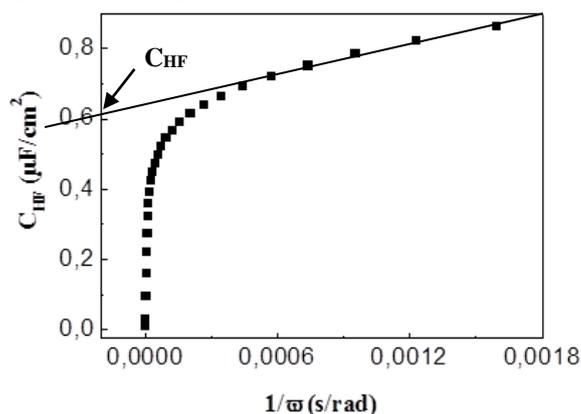


Figure 3 : Tracé de la capacité haute fréquence de l'électrode d'or plongée dans l'eau CCP à TH=30°F. T=20°C, ω= 500 tr/mn.

#### B. Précipitation du carbonate de calcium en présence de l'inhibiteur vert

Certains inhibiteurs chimiques réagissent par "effet de seuil". Cet effet signifie que l'inhibiteur diminue la vitesse de précipitation du tartre avec l'augmentation de la concentration en tartrifuge jusqu'à une concentration optimale au-delà de laquelle l'effet inhibiteur est moindre. Les inhibiteurs agissent soit en s'adsorbant à la surface des germes de carbonates de calcium amorcés, ce qui permet de ralentir leur croissance ; soit en s'adsorbant à la surface métallique pour empêcher toute formation de cristaux. Les germes formés en présence d'inhibiteur se trouvent déformés par rapport à ceux formés en son absence, ce qui les rend non adhérents à la surface du substrat. L'avantage des inhibiteurs chimiques est qu'ils agissent à de très faibles concentrations, ce qui est un moyen plus économique et plus écologique par rapport à d'autres

Des mesures chronoampérométriques ont été réalisé sur l'électrode d'or plongée dans l'eau CCP à 30°F dans les mêmes conditions électrochimiques que celles décrites sans inhibiteur. Les résultats sont rapportés sur la figure 4.

Une large gamme de concentrations a été balayée et seules celles qui possèdent un meilleur effet

inhibiteur de la cinétique d'électrodéposition du tartre sont présentés.

Comparé à la courbe enregistrée en absence d'inhibiteur, celles en présence de l'extrait de plante présentent toutes la même allure. Le courant circulant à travers l'électrode varie brusquement aux premiers instants de polarisation puis tend par la suite à se stabiliser formant ainsi un palier qui s'étend au temps long d'électrodéposition. La hauteur de ces paliers augmente avec la diminution de la concentration en inhibiteur accompagnée par des valeurs de densités de courant plus élevées jusqu'à la concentration de 2.5 mL.L<sup>-1</sup> (250 ppm), puis un effet moindre est enregistré pour la concentration de 1.5 mL.L<sup>-1</sup>. L'apparition des paliers et la quantification des valeurs de densité de courant résiduelles rendent compte de l'effet inhibiteur de la plante (Tableau 1).

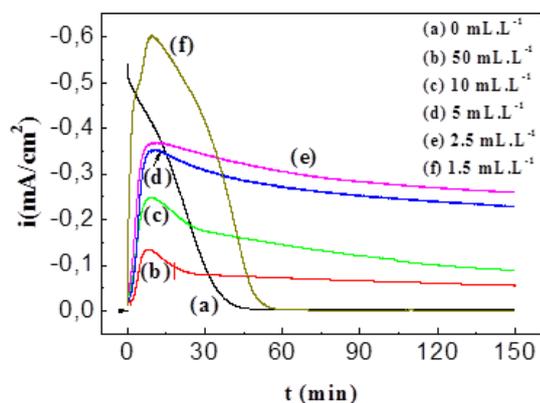


Figure 4 : Courbes CA enregistrées sur l'électrode d'or plongée dans une eau CCP à TH=30°F en présence de différentes concentrations en inhibiteur vert. T=20°C, ω=500tr/mn, E= -1 V/ECS.

Tableau 1 : Valeurs des densités de courant résiduelles en fonction de la concentration en inhibiteur vert. Eau CCP à TH=30°F, T=20°C, ω= 500 tr/mn, E= -1 V/ECS.

C <sub>inh vert</sub> (mL.L <sup>-1</sup> )	0	50	10	5	2.5	1.5
i <sub>res</sub> (μA.cm <sup>-2</sup> )	-1.63	-	-	-	-	-0.8

L'hypothèse qu'on peut émettre quant au mode d'action de l'inhibiteur est que celui-ci permet de stopper la croissance des cristaux et non pas retarder la germination, car si les cristaux nucléés croient normalement, on aurait une diminution prononcée du courant.

Il en ressort de cette étude que la concentration optimale obtenue est égale à 2.5 mL.L<sup>-1</sup> (250 ppm). L'ajout de ce composé à une concentration plus faible présente une moindre efficacité inhibitrice.

En vue de déterminer le taux de recouvrement de l'électrode d'or en fonction de l'ajout de différentes concentrations en inhibiteur vert, le tracé des valeurs des capacités hautes fréquences en fonction de 1/ω a été effectué (Figures 5) et leur exploitation est regroupée sur le tableau 2. C<sub>HF</sub> augmente avec la diminution de la concentration en inhibiteur jusqu'à la valeur de 2.5 mL.L<sup>-1</sup> en teneur d'infusé puis diminue, cela signifie que le taux de recouvrement de l'électrode diminue avec la décroissance de la teneur en inhibiteur vert jusqu'à la concentration optimale puis augmente légèrement.

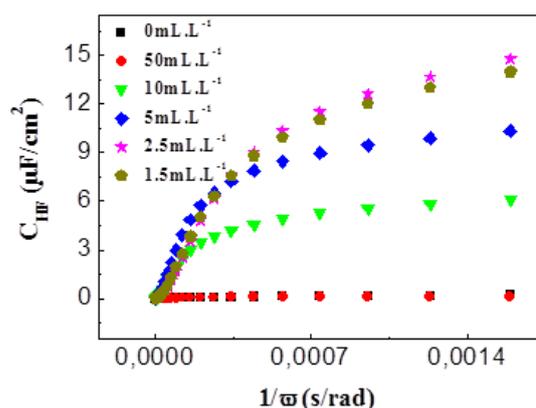


Figure 5 : Tracé de la capacité haute fréquence de l'électrode d'or plongée dans l'eau CCP à TH=30°F en présence de différentes concentrations en inhibiteur vert.

Tableau 2 : Valeurs de  $C_{HF}$  en fonction de la concentration en inhibiteur vert. Eau CCP à  $TH=30^{\circ}F$ ,  $T=20^{\circ}C$ ,  $\omega=500$  tr/mn.

$C_{inh\ vert}$ ( $mL.L^{-1}$ )	0	10	5	2.5	1.5
$C_{HF}$ ( $\mu F.cm^2$ )	0.61	4.3	7.5	8.5	8

### C. Précipitation du carbonate de calcium en présence de l'inhibiteur commercial à base de phosphate

Les résultats chronoampérométriques enregistrés sur l'électrode d'or dans une eau CCP à  $30^{\circ}F$  en présence de différentes concentrations en Medphos sont présentés sur la figure 6.

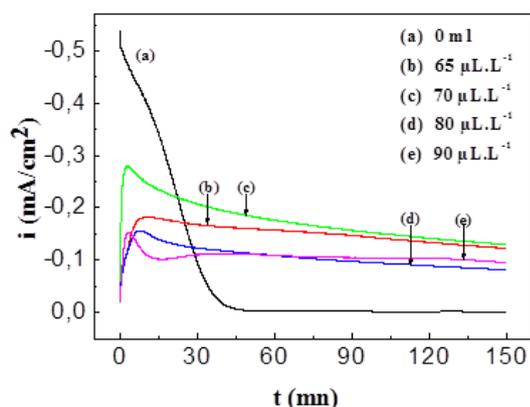


Figure 6 : Courbes CA enregistrées sur l'électrode d'or plongée dans une eau CCP à  $TH=30^{\circ}F$  en présence de différentes concentrations en inhibiteur commercial.  $T=20^{\circ}C$ ,  $\omega=500$  tr/mn,  $E=-1$  V/ECS.

Les courbes présentent la même allure que celles enregistrées en présence de l'inhibiteur vert, en d'autres termes, une augmentation rapide du courant cathodique aux premiers instants de polarisation suivi d'un palier qui s'étale jusqu'à des temps long (150 mn) et dont les valeurs des densités de courant sont plus élevées par rapport à celles mesurées sans inhibiteur (Tableau 3). Ce comportement traduit, donc, un effet inhibiteur apporté par le Medphos qui permet de stopper la croissance des cristaux et non pas de retarder la germination.

Tableau 3 : Valeurs des densités de courant résiduelles en fonction de la concentration en inhibiteur commercial. Eau CCP à  $30^{\circ}F$ ,  $T=20^{\circ}C$ ,  $\omega=500$  tr/mn,  $E=-1$  V/ECS.

$C_{inh\ comm}$ ( $\mu L.L^{-1}$ )	0	65	70	80	90
$i_{res}$ ( $\mu A.cm^{-2}$ )	-1.63	-122.5	-129.6	-81.3	-95.2

La valeur de la densité de courant résiduelle augmente avec l'augmentation de la concentration en inhibiteur jusqu'à une teneur optimale puis diminue au-delà de cette concentration. La valeur de  $C_{optimale}$  est de  $70 \mu L.L^{-1}$ . Ce phénomène est appelé « efficacité limite » et cette substance agit donc par effet de seuil. L'action de cet inhibiteur commercial a déjà été testé dans le laboratoire d'électrochimie, corrosion et de valorisation énergétique (LECVE) sur le substrat d'or et de cuivre en présence des ions sulfates [4, 5].

Il faut rappeler que Medphos nous a été gracieusement fourni par Candia et a prouvé son efficacité vis-à-vis de l'inhibition du phénomène d'entartrage. Sa composition à base de phosphates est désignée comme étant très puissante pour inhiber le processus de précipitation. Cet effet inhibiteur a été déjà mis évidence par Reddy [6], en utilisant la technique de l'ensemencement d'une solution saturée de  $CaCO_3$ . En ce qui concerne le mode d'action, certains auteurs pensent qu'ils s'adsorbent superficiellement sur les cristaux formés [7] alors que d'autres précisent que les ions  $PO_4^{3-}$  bloquent la croissance du cristal [8].

Conjointement à cette analyse qualitative par les mesures chronoampérométriques, un traitement quantitatif en déterminant les valeurs des capacités hautes fréquences qui sont directement proportionnelles au taux de recouvrement de la surface a été effectué. Le tracé de  $C_{HF}$  en fonction de  $1/\omega$  relatif au substrat d'or en présence de différentes concentrations en Medphos est présenté sur la figure 7. Les valeurs des capacités hautes fréquences sont rapportées sur le tableau 4.

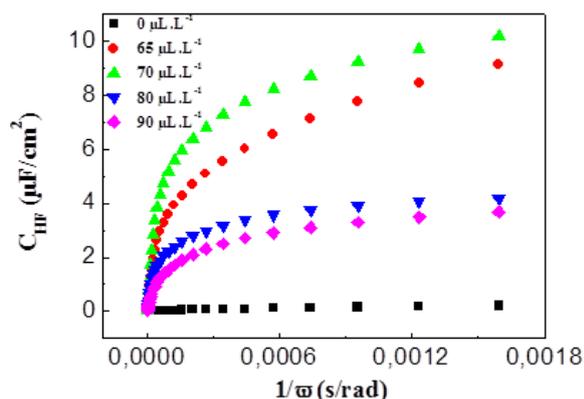


Figure 7 : Tracé de la capacité haute fréquence de l'électrode d'or plongée dans l'eau CCP à TH=30°F en présence de différentes concentrations en inhibiteur commercial.

Tableau 4 : Valeurs de  $C_{HF}$  en fonction de la concentration en inhibiteur commercial. Eau CCP à 30°F,  $T=20^{\circ}C$ ,  $\omega = 500$  tr/mn.

$C_{inh\ comm}$ ( $\mu L.L^{-1}$ )	0	65	70	80	90
$C_{HF}$ ( $\mu F.cm^2$ )	0,61	5	7,4	3,3	2,5

Les valeurs de  $C_{HF}$  sont nettement plus élevées en présence d'inhibiteur et augmentent en fonction de l'augmentation de la concentration en inhibiteur commercial jusqu'à  $C_{optimal}$  puis diminue, ce qui traduit l'efficacité inhibitrice de ce tartrifuge. La teneur efficace de Medphos est de  $70 \mu L.L^{-1}$ , Ce qui est en parfait conformité avec les résultats chronoampérométriques.

Malgré l'efficacité inhibitrice déjà prouvée par Medphos, les résultats chronoampérométriques et impédancémétriques enregistrés avec l'inhibiteur vert sont nettement meilleurs au regard des valeurs des densités de courants résiduelles et des capacités hautes fréquences qui sont plus élevées dans le cas de l'incorporation de l'infusé. Une représentation des valeurs des  $i_{res}$  et de  $C_{HF}$  sont regroupées sur le tableau 5 en présence de la concentration efficace en inhibiteur vert et commercial.

Tableau 5 : Valeurs de  $i_{res}$  et de  $C_{HF}$  relatifs à l'incorporation de la concentration efficace de l'inhibiteur vert et commercial.

Inhibiteur	$i_{res}$ ( $\mu A.cm^{-2}$ )	$C_{HF}$ ( $\mu F.cm^{-2}$ )
vert	-259.5	8.5
commercial	-129.6	7.4

#### IV. CONCLUSION

La contribution majeure de ce travail a été de comparer l'efficacité de l'extrait de plante avec une substance à base de polyphosphate, considérée comme inhibiteur commercial et qui a prouvé son efficacité dans le milieu industriel. Les valeurs de densités de courant résiduelles ainsi que celles des capacités hautes fréquences enregistrées rendent compte du pouvoir anti-tartre des deux tartrifuges. En comparaison des résultats trouvés sur les deux substances, nous pouvons conclure que l'extrait végétal présente un meilleur effet inhibiteur de la cinétique de précipitation du tartre.

#### V. REFERENCES

- [1] Berne A. (1991). Traitement des eaux ; Ed. Tecnip, Paris.
- [2] Darling D., Rakshpal R. (1998). Green chemistry applied to corrosion and scale inhibitors, Materials Performance, 42-45.
- [3] Mavredaki E., Sathoulpoulou A., Neofotistou E., Demadis K. D. (2007). Environmentally benign chemical additives in the treatment and chemical cleaning of process water systems: implications for green chemical technology. Desalination, 210, 257-265.
- [4] Teghidet H. (2004). Contribution à l'étude de l'entartrage par voie électrochimique : Influence des paramètres sur la cinétique de dépôt du tartre. Mémoire de magister, Université de Bejaia.
- [5] Teghidet H. (2012). Etude de la cristallisation contrôlée de la calcite par voie électrochimique. Effet des ions étrangers au système calcocarbonique sur la nucléation

croissance de la calcite. Thèse doctorat, Université de Béjaia (Algérie) et université de Paris VI (France) p-20.

- [6] Reddy M. M. (1977). Crystallization of calcium in the presence of trace concentrations of phosphorous-containing anions. 1. Inhibition by phosphate and glycerophosphate ions at pH 8.8 and 25°C; J. of crystal growth, 41, 287-295.
- [7] Bernard A. (1980). Cristallisation-déformation-dissolution des carbonates; Acte du congrès, Bordeaux, 33, 17-18.
- [8] Simkiss K. (1964). Phosphates as crystal poisons of calcification; Biol. Rev., 39, 487-505.