

Désinfectants: Ionisation cuivre/argent

Des métaux tels que le cuivre et l'argent peuvent être utilisés pour la [désinfection de l'eau](#) s'ils sont ionisés.

Quand le mécanisme de désinfection par le cuivre et l'argent a-t-il été découvert?

Les recherches archéologiques montrent que les êtres humains utilisent le cuivre depuis 11 000 ans et l'argent depuis 5 000 ans. Le cuivre peut-être facilement extrait et utilisé. Il y a plus de 7 000 ans, les humains développèrent un mécanisme d'extraction des minerais de cuivre. L'empire Romain épuisa la plupart de ressources en cuivre de Chypre, l'île qui donna son nom au cuivre.

De nos jours, le cuivre est principalement extrait des minerais sous forme de cuprite (CuO_2), tenorite (CuO), malachite ($\text{CuO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), chalcocite (Cu_2S), covelite (CuS) et de bornite (Cu_5FeS_4). De larges dépôts de minerais de cuivre ont été trouvés à travers les Etats-Unis, le Chili, la Zambie, le Zaïre, le Pérou et le Canada.

L'argent peut être obtenu à partir de dépôts purs, ou de minerais tels que l'argentite (Ag_2S) et le chlorure d'argent (AgCl), ou bien combiné avec des minerais qui contiennent du plomb, de l'or ou du cuivre.

L'argent et le cuivre ont, tous les deux été utilisés depuis des siècles en raison de leurs vertus désinfectantes. Les Vikings utilisaient des cordes de cuivre sur leurs bateaux afin de prévenir la croissance des algues et des coquillages. Les bateaux modernes utilisent toujours la même technologie.

La plupart des peintures protectrices contiennent du cuivre, ce qui a pour effet de réduire le nombre d'espèces marines sur les parois du bateau. Grâce à cela les bateaux peuvent atteindre leur destination plus rapidement.

Les nomades utilisaient des pièces en argent pour améliorer la qualité de l'eau qu'ils buvaient. L'eau des puits contenant des pièces en argent et en cuivre est très lumineuse en raison de l'effet désinfectant de ces métaux.

Depuis 1869, des publications variées sont parues sur les propriétés désinfectantes de l'argent. Certains villages européens et russes utilisent le cuivre pour désinfecter l'eau destinée à la consommation depuis de nombreuses années.

Le procédé d'ionisation cuivre-argent fut développé à la fois en Europe et aux Etats-Unis dans les années 1950.

: les Vikings utilisent des cordes en cuivre pour prévenir la formation des algues sur les bateaux

Comment les ions cuivre-argent sont-ils produits?

L'ionisation cuivre-argent est provoquée par électrolyse. Un courant électrique est créé à travers le système cuivre-argent, provoquant la formation d'ions chargés positivement de cuivre et d'argent.

L'ionisation cuivre-argent se réfère à de la chimie basique: l'ion (un atome chargé électriquement) a une charge positive lorsqu'il cède un électron et une charge négative lorsqu'il en intègre un. Un ion chargé positivement est un cation et, un ion chargé négativement est un anion. Pendant l'ionisation, l'atome devient cation ou anion. Lorsqu'une

ionisation cuivre-argent est appliquée, des ions positivement chargés de cuivre (Cu^+ et Cu^{2+}) et d'argent (Ag^+) sont formés.

Les électrodes sont placées de manière à ce qu'elles soient proches l'une de l'autre. Le flux d'eau à désinfecter passe par ces électrodes. Un courant électrique est créé, provoquant la perte progressive d'un électron des atomes externes de l'électrode et ceux-ci devenant positivement chargé. La plus grande partie des ions s'éloignent à travers l'eau, avant de retrouver l'électrode opposée. Généralement, la quantité d'ions argent pour une quantité de cuivre oscillent entre 0.15 et 0.4 ppm est environ entre 5 et 50 ppb.

La concentration en ions est déterminée par le débit d'eau. Le nombre d'ions libérés augmente lorsque la charge électrique est plus importante.

Lorsque les ions cuivres (Cu^+) sont dissous dans l'eau, ils sont immédiatement oxydés pour former des ions Cu^{2+} . Le cuivre peut être trouvé dans l'eau sous forme libre. Il est communément lié aux particules d'eau. Les ions de cuivre (Cu^+) sont instables dans l'eau, à moins qu'un ligand stabilisant soit présent.

Quelles sont les applications de l'ionisation cuivre-argent?

L'ionisation cuivre-argent est utilisée dans de nombreuses applications. Cela devient populaire lorsque la NASA utilisa ce procédé d'ionisation pour la production d'eau destinée à la consommation à bord d'Apollo dans l'espace en 1960. Le générateur d'ion utilisé était de la taille d'une boîte d'allumettes.

En raison de l'ionisation cuivre-argent, l'eau destinée à la consommation pouvait être produite dans l'espace sans utilisation de chlore.

la NASA utilisa les vols Apollo pour l'une des premières ionisation cuivre-argent.

En Angleterre, l'ionisation cuivre-argent est appliquée dans environ 120 hôpitaux de manière efficace pour la désinfection des bactéries légionnelles.

Aux Etats-Unis, l'ionisation cuivre-argent est principalement utilisée pour la désinfection des piscines. Le cuivre-argent est souvent utilisé pour limiter les sous-produits créés par une désinfection au chlore.

A cause de ces propriétés spécifiques, l'ionisation cuivre-argent est très conseillée pour désinfecter les bassins de poissons. L'ionisation cuivre-argent ne dépend pas des températures. Elle est active dans la totalité du système d'eau.

L'ionisation cuivre-argent est utilisée par les entreprises de mise d'eau en bouteille et celles qui recyclent l'eau à travers tous les Etats-Unis.

Quel est le mécanisme de désinfection par ionisation cuivre-argent?

Les ions de cuivre électriquement chargés (Cu^{2+}) dans l'eau cherchent des particules de polarité opposée, telles que les bactéries, les virus et les mycètes. Les ions cuivre chargés positivement forment des composés électrostatiques avec les membranes des cellules des microorganismes chargées négativement. Ces composés modifient la perméabilité des membranes des cellules et font échouer la prise nutritive des cellules. Les ions cuivre pénètrent à l'intérieur des membranes des cellules et permettent la création d'une entrée pour les ions argent (Ag^+). Ceux-ci pénètrent le noyau du microorganisme. Les ions argent s'assimilent à différentes parties de la cellule, telles que l'ADN et l'ARN, les protéines cellulaires et les enzymes respiratoires, provoquant l'immobilisation de tous les systèmes de vie des cellules. Cela provoque en effet l'arrêt de la croissance et de la division des cellules, causant donc l'arrêt de la multiplication des bactéries et éventuellement leur mort. Les ions

restent actifs jusqu'à ce qu'ils soient absorbés par un microorganisme.

Quels sont les applications de la désinfection par ionisation cuivre/argent?

Les piscines et la désinfection par ionisation cuivre-argent

Aux Etats-Unis, l'ionisation cuivre-argent est appliquée comme une alternative à la désinfection au chlore. L'utilisation du chlore peut ainsi être réduite de 80%. Cependant, un autre désinfectant doit être ajouté en addition au cuivre-argent. C'est à cause du fait que le cuivre-argent ne peut éliminer la matière organique, tels que les tissus de la peau, les cheveux, l'urine de l'eau des piscines.

Les tours de refroidissement et la désinfection par ionisation cuivre-argent

Les tours de refroidissement d'eau ont besoin de procédés de désinfection pour empêcher le développement de microorganismes. Ceci peut être provoqué par la combinaison d'une ionisation cuivre-argent et une désinfection au chlore. Les concentrations en chlore alors requises sont largement diminuées.

L'ionisation cuivre-argent peut aussi être utilisée pour tuer les légionnelles dans les tours de refroidissement.

Légionnelles dans les hôpitaux et les maisons de repos et ionisation cuivre/argent

L'ionisation cuivre-argent est appliquée dans les hôpitaux et les maisons de repos pour empêcher la formation des légionnelles. La principale source de propagation des légionnelles est le système d'eau chaude. Les circonstances dans les systèmes d'eau chaude sont idéales pour la croissance et la multiplication des légionnelles. La contagion se fait principalement par la vapeur des douches. L'ionisation cuivre-argent permet de tuer la bactérie légionnelle.

L'eau destinée à la consommation et l'ionisation cuivre-argent

Aux Etats-Unis, plusieurs compagnies produisant de l'eau potable utilisent l'ionisation cuivre-argent comme alternative à la désinfection au chlore et pour empêcher la formation de sous-produits. La norme pour les trihalométhanes à diminuer de 100 à 80µg/L.

Lorsque l'ionisation cuivre-argent est combinée à la désinfection au chlore, c'est un excellent mécanisme lorsqu'il s'agit de désactiver des virus et des bactéries.

Quelles sont les conditions d'application de l'ionisation cuivre/argent?

L'efficacité de la désinfection cuivre-argent dépend de nombreux facteurs:

Premièrement, la concentration des ions cuivre et argent dans l'eau doit être suffisante. La concentration requise est déterminée par le débit d'eau, le volume d'eau dans le système, la conductivité de l'eau et la concentration des microorganismes.

Deuxièmement, les électrodes doivent être dans de bonnes conditions. Lorsque l'eau est dure ou qu'un encrassement a lieu en raison de la dureté et de la qualité de l'eau, l'efficacité des électrodes est alors réduite. En utilisant de l'argent et du cuivre pur, l'apport de cuivre et d'argent peut être régulé séparément. Ces électrodes sont détériorées par l'encrassement et la réduction de formation de pierres à chaux.

Troisièmement, l'efficacité de l'ionisation cuivre-argent dépend de la valeur du pH de l'eau.

Lorsque la valeur du pH est élevée, les ions cuivre sont moins efficaces. Lorsque la valeur du

pH excède 6, des complexes insolubles de cuivre se formeront. Lorsque la valeur du pH est 5, les ions cuivre existent principalement sous forme de $\text{Cu}(\text{HCO}_3)^+$; lorsque la valeur du pH est de 7 le $\text{Cu}(\text{CO}_3)$ est formé, et lorsque la valeur du pH est 9 on trouve plutôt du $\text{Cu}(\text{CO}_3)_2^{2-}$. Quatrièmement, l'efficacité de l'ionisation cuivre argent est déterminée par la présence du chlore. Le chlore provoque la formation d'un complexe chlore-argent. Lorsque cela se produit, les ions argent ne sont plus efficaces pour la désinfection.

Quelle est l'efficacité de l'ionisation cuivre-argent?

L'ionisation cuivre-argent peut désactiver la bactérie legionella et d'autres microorganismes dans l'eau à faible débit et dans l'eau stagnante. Les bactéries legionella sont vraiment sensibles à l'ionisation cuivre-argent.

Il apparaît que l'ionisation cuivre-argent provoque la chute du nombre de bactéries Legionella. Après un court laps de temps, cependant, le nombre de bactéries Legionella augmentera à nouveau car elles peuvent aussi se trouver à l'intérieur du biofilm. Le cuivre qui reste derrière le biofilm prend soin de ces bactéries. Lorsque les ions cuivre et argent sont additionnés à l'eau de manière constante, la concentration en bactérie Legionella reste faible.

Le taux de désactivation de l'ionisation cuivre-argent est plus bas que celui de l'ozone ou des UV. L'avantage de l'ionisation cuivre-argent vient du fait que les ions restent dans l'eau pour une longue période. De ce fait la désinfection est une désinfection à long terme et de plus elle protège d'une éventuelle décontamination. Les ions cuivre et argent restent dans l'eau jusqu'à ce qu'ils précipitent ou qu'ils absorbent une bactérie ou une algue et qu'ils soient éliminés de l'eau par filtration après ça.

Quels sont les avantages et les désavantages d'une désinfection par ionisation cuivre/argent?

Avantages

L'ionisation cuivre-argent désactive effectivement les bactéries Legionella et le biofilm et améliore la qualité de l'eau. L'ionisation cuivre-argent a un plus large effet résiduel que la plupart des autres désinfectants. Les ions cuivre et argent restent dans l'eau pendant une longue période. **En raison de leur efficacité locale, l'effet est plus large que celui des UV.** Le cuivre-argent est efficace à travers le système d'eau entier, même dans des zones où l'eau est stagnante ou bien où il y a un faible débit. L'efficacité de ce système ne dépend pas de la température. Lorsque le système cuivre-argent est utilisé, la maintenance du système d'eau devient moins importante. Le cuivre-argent n'est pas corrosif; cela cause moins de contraintes sur le système de distribution. En raison d'une baisse de l'utilisation de produits chimiques, les vannes et les pompes ne sont pas affectées. De plus, les paumes de douches, les réservoirs et les robinets ne sont pas contaminés. L'ionisation cuivre-argent n'implique de complications liées au stockage et au transport.

Désavantages

L'efficacité du système cuivre-argent dépend de la valeur du pH de l'eau. Pour une valeur de pH de 9, seulement un dixième des bactéries Legionella sont éliminés. Lorsque la concentration en solides dissous est élevée, l'argent a de fortes chances de précipiter. Cela signifie que les ions argent ne sont alors plus efficaces pour la désinfection.

Les ions argent réagissent aisément avec les chlorures et les nitrates qui sont présents dans l'eau, et sont donc désactivés.

Certaines espèces de microorganismes peuvent devenir résistantes aux ions argent. Elles peuvent éliminer le métal de leur système et le convertir en un produit moins toxique. Ces microorganismes peuvent devenir résistants à l'ionisation cuivre-argent.

Bien qu'il soit suggéré que la bactérie *Legionella* peut développer une résistance à l'ionisation cuivre-argent, ce désinfectant apparaît néanmoins comme le plus efficace pour la combattre. Pour tuer efficacement les microorganismes pathogènes, les ions cuivre et argent devraient être présents dans la totalité du système de traitement de l'eau. Lorsque le système utilisé est petit et que le débit est assez lent, ou lorsque il y a des points morts dans le système, cela peut poser des problèmes pour la désinfection.

Quels sont les effets sur la santé de l'ionisation cuivre-argent?

Pas assez d'études ont été menées pour montrer les effets d'une exposition à long terme à l'ionisation cuivre-argent. Les effets généraux sur la santé de l'ionisation cuivre-argent sont méconnus.

Législation concernant l'ionisation cuivre-argent

UE

L'Union Européenne ne dicte aucune limite concernant la concentration en argent dans l'eau. Le cuivre, cependant, doit avoir une valeur maximale de 20 µg/L, car il provoque la corrosion des systèmes de transports d'eau. Les concentrations en cuivre devraient être mesurées dans l'eau du robinet (*directive de l'UE concernant l'eau destinée à la consommation 98/83/EC, 1998*).)

OMS

L'OMS ne dicte aucune limite concernant la concentration en argent dans l'eau car l'OMS a trouvé que les données concernant les risques sur la santé de cette substance étaient insuffisantes (*Lignes directrices concernant l'eau destinée à la consommation dictées par l'OMS, 3ième édition*).

USA

Les Etats-Unis dictent une valeur maximale d'1 mg/L de cuivre et de 0,1 mg/L d'argent (*EPA, National Secondary Drinking Water regulations, 2002*)

Comment l'ionisation cuivre-argent est-elle contrôlée?

Lorsque l'ionisation cuivre-argent est appliquée, un contrôle du système entier doit être appliqué. Des analyses d'eau et des tests doivent être conduits pour prouver l'efficacité du système, car cela concerne une alternative à la désinfection. La première analyse doit avoir lieu avant l'application de l'ionisation cuivre-argent. Les concentrations en cuivre et en argent dans l'eau sont alors mesurées et la quantité en bactéries *Legionella* et leur développement (dans un milieu aérobie à 22 °C et à 37 °C) sont déterminés. Lorsque le système est mis en place, un contrôle mensuel de l'eau à la sortie du traitement est fortement recommandé.