



La nanotechnologie et la protection de l'environnement

AZRI Mounia

Maitre de Recherche B

Division Bioénergie et Environnement - CDER

E-mail: y.azri@cder.dz

Le traitement des eaux connaît une évolution radicale de ses concepts et de ses pratiques.

L'apport des nanotechnologies promet une révolution majeure dans différents domaines aussi bien de la santé que de la protection de l'environnement. C'est ce que promet l'application des électrodes de graphite modifiées par les nanoparticules d'or dans le procédé Electro-Fenton. L'effet électrocatalytique des particules très fines sur la réduction d'oxygène paraît clairement sur les courbes de polarisation cathodique.

De la nanotechnologie à la protection de l'environnement

Les systèmes de dimension nanométriques font l'objet de beaucoup d'attention particulièrement au cours des vingt dernières années dans les domaines tels que la chimie, la physique, l'électronique, l'optique, le magnétisme ou encore la biologie (1).

Lorsque les dimensions d'un matériau deviennent infiniment petites ses propriétés physiques sont complètement modifiées par rapport à celles de son état massif et sont dominées par les effets de taille finie des objets étudiés.

Le défi est de mettre en pratique l'effet électro-catalytique des métaux nobles (habituellement non catalytique (Au)) électro-déposé en fine particule sur la réaction de réduction d'oxygène afin de produire du peroxyde d'hydrogène, un réactif très prisé dans le procédé Electro-Fenton. Ce procédé fait partie des procédés d'oxydation avancée connus pour éliminer des molécules industrielles réfractaires au traitement biologique.



Figure 1: Combinaison du cadre industriel de traitement des eaux aux matériaux nanométriques utilisés comme électrode dans le procédé Electro-Fenton

Mise au point du procédé Electro-Fenton

L'utilisation de substances dangereuses dans l'industrie conduit à l'apparition dans l'environnement de polluants récalcitrants. Ces substances, sont appelées aussi micropolluants entraînent généralement des contaminations particulièrement dans le milieu aquatique. Parmi ces polluants couramment décelés dans les rejets industriels et urbains, se trouvent des composés phénoliques, des antibiotiques, des

organochlorés, des produits cosmétiques, ou encore des hormones et dérivés hormonaux, etc... Ces contaminants échappent pour la plupart aux traitements classiques des eaux usées. La présence de ces polluants émergents dans l'environnement constitue un sujet de préoccupation pour la plupart des agences environnementales des pays industrialisés et des mesures contraignantes sont peu à peu mises en place pour les limiter.

Afin de développer les techniques de traitements rapides, moins onéreuses et plus adaptées aux composés organiques réfractaires les procédés d'oxydation avancée (POA) ont vu le jour. Les POA sont des techniques de traitement faisant appel à des intermédiaires radicalaires très réactifs, précisément les radicaux hydroxyles ($\bullet\text{OH}$) à température ambiante.

Le procédé Electro-Fenton (EF) est un procédé d'oxydation avancée (POA) permettant la production de radicaux hydroxyles ($\bullet\text{OH}$). Ces intermédiaires radicalaires très réactifs permettent d'oxyder et d'éliminer efficacement les polluants organiques.

Ce procédé réside dans la génération des radicaux hydroxyles en utilisant comme seul réactif l'oxygène (air comprimé) pour former du H_2O_2 par réduction électrochimique. Ce dernier formera des $\bullet\text{OH}$ par action d'un ion ferreux présent en quantité catalytique et régénéré électrochimiquement. Le procédé EF tire son avantage du procédé chimique de Fenton mais il est entièrement contrôlé par l'électrochimie. Si l'enjeu visé est l'application de technologie électrochimique au traitement d'effluents, il est donc primordial, de travailler avec une cathode adaptée afin d'assurer une cinétique élevée de production de H_2O_2 avec une grande efficacité de courant. C'est dans ce sens qu'une série d'équipes scientifiques ont élaboré des électrodes à base de carbone, elles présentent une bonne garantie du point de vue environnemental, simples d'utilisation, moins onéreuses et surtout moins polluantes que ses consœurs, notamment celles au mercure (2).

Améliorer les matériaux d'électrode par les nanoparticules d'or sur le graphite

Il est évident d'un point de vue électrochimique que la sélection du matériau d'électrode à la cathode est particulièrement importante. Les matériaux qui sont habituellement utilisés dans la préparation de la cathode sont principalement le graphite, RVC carbone vitreux réticulé, mercure et fibre de carbone activé. Outre la sélection du matériau de la cathode, la procédure de préparation de la cathode influence remarquablement les performances électrochimiques et donc la stabilité du peroxyde d'hydrogène produit. Ces électrodes de graphite modifiées par les nanoparticules offrent des perspectives intéressantes en électro-catalyse pour la réaction de réduction d'oxygène car les enjeux sont importants dans le procédé-Electro-Fenton.

Les propriétés électro-catalytiques des nanoparticules d'or

Au départ, la considération s'appuie sur le lien support/nanoparticules dans ce cas Graphite/Np-Au par la technique d'électrodépo-

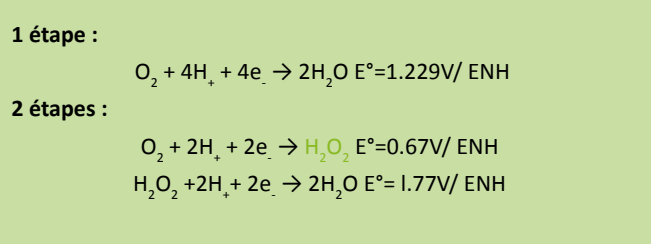
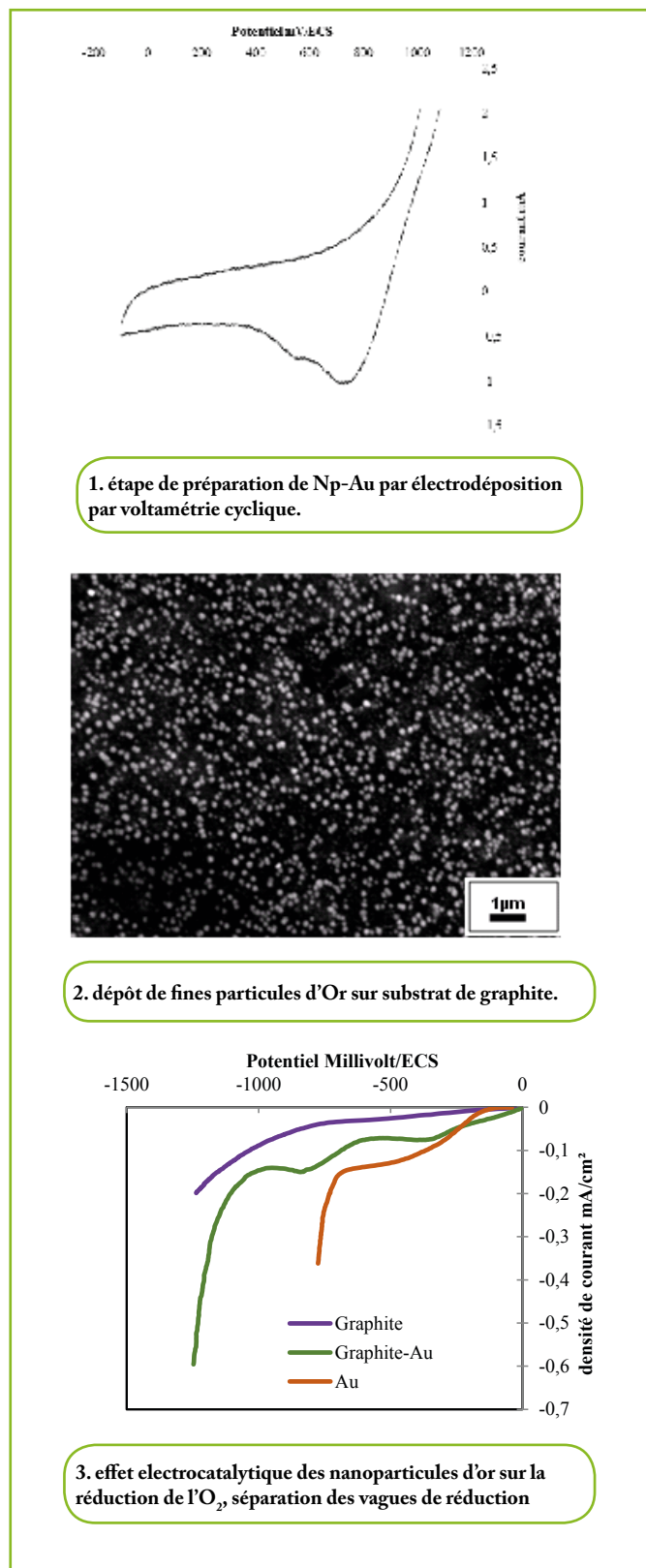


sition de particules très fines sur le substrat afin donc de modifier l'électrode et catalyser cette dernière pour la réduction d'O₂, le but est de produire du peroxyde d'hydrogène à des potentiels plus po-

sitifs que le graphite de manière distincte et sans interférence avec les réactions secondaires de réduction, à des concentrations importantes mettant à profit la combinaison Or-Graphite.

L'étude bibliographique réalisée sur les processus de réduction de l'oxygène indique que la réaction est très sensible à la nature du matériau, cela est d'autant plus évident lorsque les matériaux d'électrode sont modifiés. L'électrodéposition des particules de métaux est très influencée par les conditions dans lesquelles elle est élaborée ce qui lui confère des caractéristiques particulières (effet de taille, structure...), de même que des répercussions sur la réaction de réduction de l'oxygène à la surface de l'électrode modifiée.

Des techniques de voltamétries sont employées pour les dépôts de particules d'or sur le substrat en graphite à différents potentiels. Une étude de la morphologie des dépôts par microscopie électronique à balayage est réalisée pour l'observation de ces dépôts.



Des tests sur la réaction de réduction d'oxygène sont effectués afin d'identifier le mode de réduction de l'oxygène dissous sur les électrodes modifiées (1 étape ou 2 étapes).

Selon le potentiel d'électrodéposition, les potentiels E=900mV et E=700mV/ECS représentent les potentiels d'électrodéposition de particules d'or à échelle nanométrique sur le substrat de graphite.

L'efficacité de ces électrodes est confirmée par la réduction d'O₂ nécessitant deux électrons dans des gammes de potentiels plus étalés que le graphite seul ou l'électrode d'or massive, la réduction à 2 étapes est bien distincte par la formation de 2 paliers. La raison est due au dépôt de nanoparticules d'or à la surface du substrat qui réagit comme des micro-électrodes pour réduire l'oxygène en peroxyde d'hydrogène. Cette dernière réaction est importante pour l'application au procédé électro-Fenton.

Références

1. M.H.Rashid, R.R. Bhattacharjee, A.Kotal, T.K. Mandal. 2006: Redox-active ionic-liquid-assisted one-step general method for preparing gold nanoparticle thin films: applications in refractive index sensing and catalysis, Langmuir, Vol 22, p. 7141
2. Y.M. Mounia, D.Zerouali. 2014: Electrogeneration of hydrogen peroxide for electro Fenton system by oxygen reduction using gold nanoparticle electrodeposited on graphite cathode, Desalination and Water Treatment, Vol 12, p1

Figure 2: Représentation du dépôt de particules d'or sur le graphite par voltamétrie cyclique et l'effet catalytique sur la réduction de l'oxygène par les courbes de polarisation cathodique