

Purifions l'eau pas à pas

Projet de communication scientifique des étudiants et étudiantes du
Département de Chimie de l'ULB dans le cadre du cours CHIM-F-328 donné par
les Professeurs Y. De Decker et J.-C. Leloup.

Galateanu Laurentiu
Ducroux Soliman
Khayad RJ
Martins Simões Pedro
Huygens Jeremie

Encadrante : Anne De Wit

I. Concepts théoriques :

Introduction :

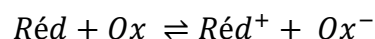
Notre atelier a pour but d'éveiller les personnes à l'enjeu environnemental dans un monde où celui-ci est au cœur des débats. Les conséquences du dérèglement climatique sont de plus en plus dures à ignorer. Par exemple, des organisations telles que l'Organisation mondiale de la santé ou l'UNICEF nous alertent d'un risque de pénurie d'eau. Dans ce cadre, nous présentons ici une méthode de purification d'eau qui fait déjà ses preuves au niveau industriel, l'électrocoagulation.

Coagulation :

Il existe dans l'eau de petites particules qui ne peuvent être éliminées par simple filtration à cause de leur taille. Ces particules ont souvent une charge qui les empêche de se rassembler. La coagulation consiste donc en l'ajout de produits chimiques, les coagulants, qui vont neutraliser ces charges et permettre à ces particules de s'assembler et de former des agglomérats, aussi appelés des floccs. Ces floccs de plus grande taille pourront par la suite être séparés de la phase liquide et être éliminés par filtration. La coagulation a néanmoins un inconvénient : l'ajout de composés chimiques mène à une pollution secondaire (formation de sous-produits, effets sur le pH). Une nouvelle méthode qui pallie ce défaut est l'électrocoagulation.

Electrochimie :

L'électrocoagulation est une méthode de purification qui couple la coagulation à l'électrochimie, discipline qui s'intéresse aux liens entre la chimie et l'électricité via les réactions redox. Ces réactions impliquent un transfert d'électrons suivant l'équation générale :

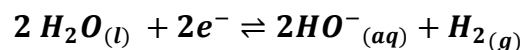


Les réactions redox peuvent être à l'origine d'un courant électrique (batteries des appareils portables) ou peuvent être provoquées à l'aide d'un courant. C'est ce deuxième cas de figure qui est exploité dans l'électrocoagulation.

Electrocoagulation :

Contrairement à la coagulation chimique traditionnelle qui nécessite l'ajout de coagulants chimiques dans l'eau, l'électrocoagulation consiste en la formation des coagulants in situ dans l'eau via le passage d'un courant électrique entre 2 plaques d'aluminium.

La figure ci-contre représente le montage à travers lequel un courant électrique circule, ce qui implique un transfert d'électrons à travers le circuit. L'une des 2 plaques d'aluminium sert de cathode, c'est-à-dire qu'elle capte les électrons et que donc une réaction de réduction y a lieu. C'est à son niveau que la réduction de l'eau s'effectue suivant l'équation suivante :



L'autre plaque d'aluminium sert d'anode, elle émet des électrons et c'est donc une réaction d'oxydation qui y a lieu. C'est à son niveau que l'aluminium sera oxydé selon l'équation suivante :

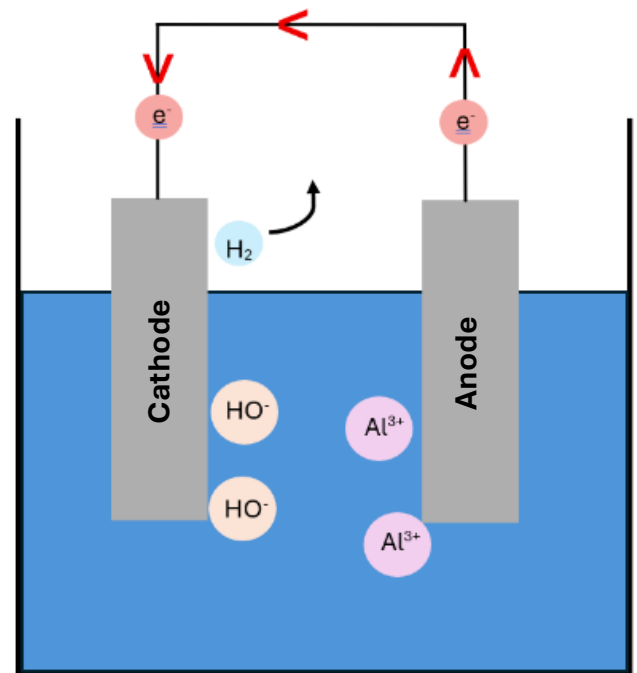
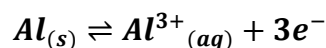


Figure 1 : Cellule électrochimique pour une électrocoagulation avec 2 plaques d'aluminium

Ce sont finalement les ions aluminium (Al^{3+}) et hydroxydes (HO^-) formés qui se complexent afin de former notre coagulant, de l'hydroxyde d'aluminium ($\text{Al}(\text{OH})_3$).

Test de caractérisation :

La réussite de la purification peut être testée par un test colorimétrique. Ce test consiste en l'ajout de réactifs qui réagissent spécifiquement avec certains polluants présents dans l'eau afin de former un produit qui possède une caractéristique observable telle que l'apparition d'une couleur ou encore l'apparition d'un précipité. Dans le cadre de notre atelier, c'est la présence de phosphates que nous vérifions. Nous le faisons réagir avec un réactif molybdique en milieu acide afin de former le complexe phosphomolybdate. Ce complexe est ensuite réduit en réagissant avec de l'acide ascorbique ce qui donnera une couleur bleue caractéristique à notre solution si des phosphates sont présents. Logiquement le résultat souhaité lors de notre expérience serait l'absence de coloration qui indiquerait l'absence de phosphates.

Conclusion :

Alors que l'électrocoagulation est une alternative plus écologique à la coagulation chimique simple, la méthode reste imparfaite. Elle nécessite de l'électricité qui doit provenir d'une source renouvelable ce qui n'est pas nécessairement évident et l'oxydation des plaques métalliques laisse également des traces de métaux dans l'eau. Aujourd'hui le traitement des eaux est toujours une thématique importante dans la recherche scientifique. Il existe par exemple plusieurs articles de recherche mentionnant le chitosane, un coagulant biologique, comme alternative bien plus écologique encore pour l'avenir.

Annexe I - L'expérience :

Matériel et réactifs :

Matériel :

- 3 béchers de 100 mL
- 2 électrodes métalliques (Al) : plaques de 3,5cm x 6cm
- 1 alimentation DC réglable (0–30 V, 0–5 A)
- 1 agitateur magnétique
- 2 pinces crocodiles et câbles isolés
- Barre d'agitation en verre ~ 30 cm
- Tamis / passoire de 10 cm de diamètre
- 2 Entonnoirs en plastique pour solides
- 3 verres de montre
- ~ 3 Tubes à essais
- Coton
- Spatule

Réactifs :

- Eau à purifier
- Réactif molybdique
- Acide ascorbique
- Acide chlorhydrique (12M)

Mode opératoire :

Filtration :

1. Filtrer la solution initiale avec un tamis dans un bécher de 100 mL.
2. Filtration par gravité sur coton.

Electrocoagulation :

1. Placer les deux électrodes en face l'une de l'autre, espacées de 2–3 cm.
2. Démarrer l'alimentation en mode courant constant à 20V avec agitation, l'intensité du courant doit être d'environ 0,1A.
3. Observer immédiatement :
 - Dégagement de dihydrogène sur la cathode.
 - Une légère teinte blanchâtre se diffuse due à la formation d'hydroxydes.
4. Après 1–2 min :
 - L'eau devient trouble.
 - Apparition de petits flocs grâce à la coagulation des hydroxydes.

5. Après 3–5 min :
 - o Les floccs grossissent, s'agglutinent, et certaines zones de l'eau deviennent plus claires.
6. Après 5–10 min, couper le courant.
7. Laisser reposer 5 à 10 min sans agitation :
 - o Les floccs remontent.
 - o L'eau devient claire avec un dépôt coloré en surface.
8. Filtrer la solution par gravité à l'aide de coton.

Test de caractérisation :

1. Récupérer le solide après filtration.
2. Dissoudre dans 1-2mL d'acide chlorhydrique 12M.
3. Ajouter quelques gouttes de réactif molybdique.
4. Ajouter quelques gouttes d'acide ascorbique donnant l'apparition d'une couleur bleue.
5. Le même test est répété avec l'eau purifié, aucune coloration ne devrait être observé.

Sécurité :

- Pas de flamme ni étincelle (H_2 inflammable même si petite quantité émise).

Annexe II - Bibliographie :

Khandegar, V., & Saroha, A. K. (2013). Electrocoagulation for the treatment of textile industry effluent – A review. *Journal of Environmental Management*, 128, 949-963.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.043>

Legube, B. (2025). Traitement des eaux avant utilisation—Matières particulières. *Technologies de l'eau*. <https://doi.org/10.51257/a-v2-g1170>

Lichtfouse, E., Morin-Crini, N., Fourmentin, M., Zemmouri, H., Do Carmo Nascimento, I. O., Queiroz, L. M., Tadza, M. Y. M., Picos-Corrales, L. A., Pei, H., Wilson, L. D., & Crini, G. (2019). Chitosan for direct bioflocculation of wastewater. *Environmental Chemistry Letters*, 17(4), 1603-1621. <https://doi.org/10.1007/s10311-019-00900-1>

Mielcarek, A., Kłobukowska, K., Kalisz, B., Rodziewicz, J., & Janczukowicz, W. (2025). Separation and recovery of elements from drainage water arising in soilless tomato cultivation – Application of electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*, 354, 128805. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2024.128805>

Moussa, D. T., El-Naas, M. H., Nasser, M., & Al-Marri, M. J. (2017). A comprehensive review of electrocoagulation for water treatment : Potentials and challenges. *Journal of Environmental Management*, 186, 24-41. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.032>

Tian, Y., He, W., Zhu, X., Yang, W., Ren, N., & Logan, B. E. (2017). Improved Electrocoagulation Reactor for Rapid Removal of Phosphate from Wastewater. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(1), 67-71.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b01613>

Vasudevan, S., Sheela, S. M., Lakshmi, J., & Sozhan, G. (2010). Optimization of the process parameters for the removal of boron from drinking water by electrocoagulation—A clean technology. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 85(7), 926-933.
<https://doi.org/10.1002/jctb.2382>

Figures du poster :

Figure 1 : brAdminAPI. (2021, mai 26). Qu'est-ce qu'on entend par eaux usées ? *Assainissement Avenue : tout savoir sur l'assainissement individuel*. Consulté 19 février 2026, à l'adresse <https://www.assainissementavenue.com/assainissement-individuel/eaux-usees-definition/>

Figure 2 : *L'eau potable devient plus sûre grâce aux nouvelles normes d'hygiène européennes applicables aux matériaux et produits en contact avec l'eau*. (2024, janvier 26). Centre Europe Direct - Territoires Lorrains. Consulté 19 février 2026, à l'adresse <https://europedirect-territoires.com/2024/01/26/leau-potable-devient-plus-sure-grace-aux-nouvelles-normes-dhygiene-europeennes-applicables-aux-materiaux-et-produits-en-contact-avec-leau/>

Figure 3 : Larousse, É. (s. d.). *Électrolyse*—Larousse. Consulté 19 février 2026, à l'adresse <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/%C3%A9lectrolyse/46246>

Figure 4 : *Electrocoagulation process—An overview* | *sciencedirect topics*. (s.d.). Consulté le 4 mars 2026 à l'adresse <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrocoagulation-process>