

# *Traitement des eaux*

## *Partie travaux pratiques*

But : on se propose de travailler sur quelques aspects du traitement des eaux

- Le traitement par charbon actif
- La floculation/coagulation
- Le traitement des eaux par résine échangeuses d'ions. Mais nous nous servirons plutôt de ces résines pour doser une solution contenant des ions nickel en échangeant ces ions par des ions  $H^+$  par passage sur une résine échangeuses d'ions.

Remarque : les ions nickel sont présents dans les effluents de la SAFT dont nous venons de visiter les installations.

Pour répondre aux questions vous pouvez vous aider des documents fournis.

### **PARTIE 1 : Rôle d'un traitement au charbon actif.**

Un effluent à traiter est à votre disposition (CA)

- Mettre 25 mL de (CA) dans un bécher, sentir les odeurs qui s'y dégagent, ajouter 1 spatule de charbon actif en poudre, laisser agir 1h et filtrer.

***Conclusion du test : quel(s) intérêt(s) présente le traitement au charbon actif ?***

### **PARTIE 2 : traitement par floculation/coagulation**

#### **Principe :**

L'introduction d'un agent de floculation/coagulation dans une suspension de particules très fines permet de modifier l'état électrique de la surface de ces particules et de permettre leur agglomération. Les agglomérats obtenus étant de taille plus importante, la décantation est plus rapide ou la filtration plus aisée. La floculation/coagulation dépend beaucoup des conditions de pH par exemple.

### **Manipulation**

On désire faire flocculer de l'eau (F) très chargée en particules pour ensuite la traiter pour en faire éventuellement de l'eau de consommation.

A l'aide des documents fournis, choisir l'agent de floculation qui vous semble le plus adapté.

- Préparer deux éprouvettes contenant chacune 100 mL de (F)
- La première servira de témoin
- Dans la deuxième, introduire quelques gouttes de floculant

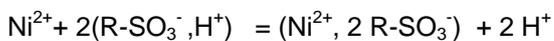
*Noter les observations faites.*

### **PARTIE 3 : Dosage des ions nickel d'un effluent industriel E**

#### **Principe :**

On dispose d'une résine échangeuse de cations, de type  $R-SO_3^-, H^+$  (polymère présentant de nombreux groupements sulfonate  $-SO_3^-$  dont le contre-ion est  $H^+$ ).

Si on fait passer sur cette résine une solution de cations  $Ni^{2+}$ , on réalise la transformation schématisée par :



L'échange est quantitatif : si on verse n mole d'ions  $Ni^{2+}$  sur la résine, on récupère en bas de la résine 2n mol d'ions  $H^+$ .

Ces ions oxonium sont dosés par une solution de soude de concentration connue précisément.

## **Manipulation et questions :**

### **Préparation de la résine.**

- La résine a été traitée par une solution d'acide chlorhydrique à  $2 \text{ mol.L}^{-1}$  dans laquelle elle baigne encore.
- Repérer le pH de l'eau déminéralisée grâce à un papier pH.
- Faire s'écouler le liquide surnageant au-dessus de la résine. Rincer la résine avec de l'eau déminéralisée jusqu'à neutralité de l'éluat (papier pH). La résine ne doit cependant jamais être en contact de l'air.

***Indiquer le rôle des rinçages à l'eau déminéralisée. Quel serait le type d'erreur sur le dosage en l'absence de ces rinçages ?***

- Vérifier que l'éluat ne contient plus non plus d'ions chlorure grâce à un test au nitrate d'argent.

***Qu'observerait-on s'il restait des ions chlorures ? Ecrire l'équation de réaction correspondante.***

### **Échange d'ions.**

- Faire s'écouler le liquide au-dessus de la résine (La résine ne doit cependant jamais être en contact de l'air dans toute la procédure qui suit)  
Prélever  $V_E = 5 \text{ mL}$  de l'effluent (E) à doser et les faire passer à travers la résine en faisant couler le liquide le long de la paroi de la colonne.

***Avec quelle verrerie doit-on prélever les 5 mL de (E) ?***

- Éluer avec de l'eau déminéralisée en faisant couler le liquide le long de la paroi de la colonne. On utilisera entre 30 à 50 mL d'eau déminéralisée versée par fraction de 5 mL en utilisant un pipeton en plastique. Régler le débit de la colonne afin que l'écoulement se fasse lentement (1 goutte toute les 2 s). Récupérer dans un bécher de 150 mL la totalité de l'éluat : le volume total ne doit pas dépasser 100 mL. On vérifiera que la totalité de la solution (E) est bien passée à travers la colonne en utilisant le papier pH.

*Quel pH doit indiquer le papier lorsque toute la solution E a été éluée ?*

**Dosage colorimétrique par la soude étalonnée.**

- Doser les ions  $H^+$  libérés par la résine, à l'aide de la solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_{OH} = 0,0500 \text{ mol.L}^{-1}$  en présence d'un indicateur coloré. On appelle  $V_b$  le volume à l'équivalence.

*Écrire l'équation de la réaction de dosage.*

*Choisir judicieusement un indicateur coloré pour ce dosage.*

*Justifier l'utilisation de cet indicateur coloré*

*Pourquoi le volume final d'éluat ne doit-il pas être trop important ?*

*Donner l'expression littérale de la quantité de matière d'ions  $H^+$  dosés*

*Donner l'expression littérale de la quantité de matière d'ions  $Ni^{2+}$  échangés avec la résine*

*En déduire la concentration en ions nickel de l'effluent (E)  $C_{Ni}$*

**Régénération de la résine.**

- Régénérer la résine en utilisant une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $2 \text{ mol.L}^{-1}$ . Verser cette solution par fraction de volume égale à 5 mL et interrompre l'éluat lorsque le pH de l'éluat se situe au voisinage de 1.

## DOCUMENTS

### Doc 1 : Dosage colorimétrique acide-base

#### 1- Principe

Dans un titrage colorimétrique acido-basique, l'observable est la couleur de la solution. Le changement de couleur à l'équivalence peut être provoqué par le virage d'un Indicateur coloré acido-basique IndH (aq)/Ind<sup>-</sup> (aq), introduit en petite quantité dans la prise d'essai.

#### 2- Choix de l'indicateur

Dans un titrage colorimétrique, il faut choisir un indicateur coloré dont la zone de virage contient le pH du point d'équivalence.

Indicateur	Couleur de IndH (aq)	Zone de virage	Couleur de Ind <sup>-</sup> (aq)
Bleu de bromophénol	jaune	1,2-2,8	violet
Orange de méthyle	rouge	3,0-4,6	jaune
Vert de bromocrésol	jaune	3,8-5,4	bleu
Rouge de méthyle	rouge	4,4-6,2	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	6,0-7,6	bleu
Phénophtaléine	incolore	8,2-9,8	rose
Thymolphatéine	incolore	9,6-10,5	bleu

### Doc 2 : Agents de coagulation /floculation

Les deux produits les plus couramment utilisés :

- Le sulfate d'aluminium ou alun :  $Al_2(SO_4)_3$
- Le chlorure ferrique  $FeCl_3$

D'autres sels d'aluminiums partiellement hydrolysés, aussi connus sous le nom de poly-alumino-sulfates (PASS), sont de plus en plus populaires

Ces composés sont plus coûteux que l'alun mais ils peuvent permettre des améliorations de performance notamment avec des eaux brutes ayant un faible pH ou une faible alcalinité et à basses températures (Boisvert et al., 1997). En outre, le PASS réduit la quantité d'aluminium soluble résiduel dans l'eau traitée.

### Doc 3 : Travail parlementaire (Sénat) sur la qualité de l'eau et assainissement en France

Rapport par G. MIQUEL au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques

L'aluminium est un métal que l'on retrouve très fréquemment dans la consommation courante : dans l'alimentation, comme additif alimentaire ou comme contenant (barquette, canette), en cosmétique (dans les anti-transpirants), dans les médicaments (il neutralise l'acide gastrique et agit contre les « brûlures d'estomac ») et aussi dans les traitements d'eau. Les usines utilisent du sulfate d'aluminium, qui joue le rôle d'agent coagulant, qui favorise l'agglomération des particules qui peuvent alors être plus facilement éliminées par décantation. Une enquête de la Direction générale de la Santé en 2001 a recensé 706 installations utilisant des traitements à base d'aluminium.

Ces usages doivent bien évidemment être limités car les effets neurotoxiques de l'aluminium sont connus. Il pénètre dans le cerveau, provoquant une dégénérescence, une démence caractérisée par des troubles du comportement, parfois même quelques cas mortels (cas de patients dialysés, le liquide de dialyse étant très chargé en aluminium et de victimes d'une surconsommation de médicaments, comme ce fut le cas pour une fillette dont la mère avait consommé plusieurs dizaines de comprimés d'anti-acides par jour pendant sa grossesse).

C'est pourquoi l'Organisation Mondiale de la Santé et son comité d'experts des additifs alimentaires (JECFA) ont défini des doses limites. La dose hebdomadaire tolérable est de 7 mg/kg de poids corporel (soit 60 mg pour un adulte de 60 kg). Compte tenu des différentes sources d'exposition (95 % de l'apport d'aluminium provient des aliments), l'OMS a adopté une valeur guide pour l'aluminium dans l'eau de boisson de 200 µg/l. Ce seuil a été repris par la directive européenne n° 98/83/CE du 3 novembre 1998 et par le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine. Ce seuil n'est cependant pas un paramètre de santé, mais seulement un « paramètre indicateur de qualité témoin du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau ».

Ses effets neurotoxiques connus ont conduit à émettre l'hypothèse d'un lien entre l'aluminium dans l'eau de boisson et la maladie d'Alzheimer, maladie qui touche essentiellement les personnes âgées, caractérisée par des pertes de mémoire et des troubles du comportement.

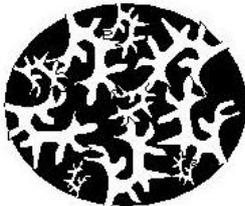
Des études ont été conduites aux Etats-Unis, puis en France, sur ce sujet. Sans résultat irréfragable. En premier lieu, les études sont controversées. L'étude française dite ALAMA- (Aluminium- Alzheimer), est un volet d'une étude plus globale menée par l'INSERM dite « cohorte paquid » visant à étudier le vieillissement cérébral après 65 ans. La conduite de l'étude s'est heurtée à de nombreuses difficultés (double démarchage à domicile d'un psychologue, puis d'un neurologue, refus des familles de prélever des tissus dans le cerveau des défunts, faible nombre de communes -4- distribuant des eaux chargées à plus de 100 µg/l, faible nombre de cas de démence -17- identifiés...). L'étude a donc souffert d'une très faible puissance statistique. Les conclusions sur de si faibles échantillons peuvent être discutables.

En second lieu, les résultats sont contradictoires. Les premières études américaines en 1989, suggérant un risque en relation avec l'aluminium de l'eau de boisson, ont été infirmées quelques années plus tard. L'étude française conclut que « les sujets vivant dans les communes distribuant une eau supérieure à 100 µg/l auraient deux fois plus de risques de développer la maladie, (mais une eau riche en silice réduit voire annule le risque) et toutes les personnes exposées à l'aluminium ne développent pas la maladie ; (...) la prédisposition génétique paraît plus importante que les facteurs environnementaux et, un seul facteur environnemental tel que la présence d'aluminium dans l'eau n'est pas une explication suffisante ».

On rappellera en outre que l'eau de boisson ne constitue que 5 % de l'apport d'aluminium quotidien alors que 95 % sont issus de l'alimentation.

**Doc 4 :** <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>

Le charbon actif est une forme amorphe de carbone obtenu en chauffant des matières carbonées vers 800-900°C en présence de vapeur d'eau et de dioxyde de carbone. Ce procédé donne naissance à un produit poreux avec une structure alvéolaire (voir schéma) connu pour ses capacités à adsorber de nombreux produits en très grande quantité. On appelle adsorption, la rétention de molécules sur **une surface solide**. Les interactions responsables de l'adsorption sont des forces de Van der Waals et électrostatiques, dues à la polarité des surfaces et à la polarisabilité des molécules. Les liaisons intermoléculaires ainsi formées sont de faible valeur, et peuvent par conséquent être rompues « facilement ».



Le charbon actif ne doit pas être manipulé près d'une flamme.

## **Matière d'œuvre :**

### **En commun**

Soude à 0,05 mol/L avec distributeur (1L)  
Solution de chlorure de nickel à 0,1 mol/L avec distributeur (1L) notée E  
Acide chlorhydrique à 2 mol/L avec distributeur (1L)  
BBT  
Nitrate d'argent en compte goutte  
Charbon végétal  
CA : jus de poivron  
F : eau + charbon végétal (10 spatulées dans 2 L d'eau)  
Remarque : Jus de poivron ou Jus de choux rouge + Encre bleue  
(Cf : <http://www.epsic.ch/cours/chimie/G01.php>)

### **Par poste :**

Colonne échangeuse de cation préparée à l'acide chlorhydrique à 2 mol/L  
1 rouleau de papier pH de 1 à 14  
Papier filtre et entonnoir  
Burette +support  
Agitateur magnétique + barreau aimanté  
1 pipeton plastique  
4 béchers de 100 mL  
1 bécher de 200 mL  
1 pot de yaourt  
1 tube à hémolyse  
1 pipette jaugée de 5 mL  
1 propipette  
Gants  
Lunettes  
Eau distillée  
2 éprouvettes graduées de 100 mL en verre  
1 baguette de verre