

## Chimie : Traitement des effluents et récupération des métaux précieux

### CCINP PSI 2022 extrait

Dans l'industrie du cuir, des sels de chrome sont ajoutés aux bains de tannage pour rendre le cuir imputrescible. Ces sels ne réagissent que partiellement avec les peaux, 40 à 50 % du chrome n'est pas absorbé. Le chrome *VI* est classé cancérogène pour l'Homme (groupe 1 du CIRC, groupe 1A par l'Union Européenne et groupe A par l'US-EPA), mais uniquement lors d'une exposition par inhalation (US EPA, 1998).

Les effluents doivent être traités de façon à respecter les normes de rejets en vigueur avant d'être rejetés. On se propose ici d'étudier certains aspects chimiques liés au fonctionnement d'une station d'épuration.

## 1 Déchromatation

La Fig. 1 correspond au diagramme  $E - \text{pH}$  du chrome, tracé pour une concentration totale en élément chrome dissous de  $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Les espèces prises en compte sont  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_{3(s)}$ ,  $\text{Cr}_{(s)}$  et  $\text{CrO}_4^{2-}$ .

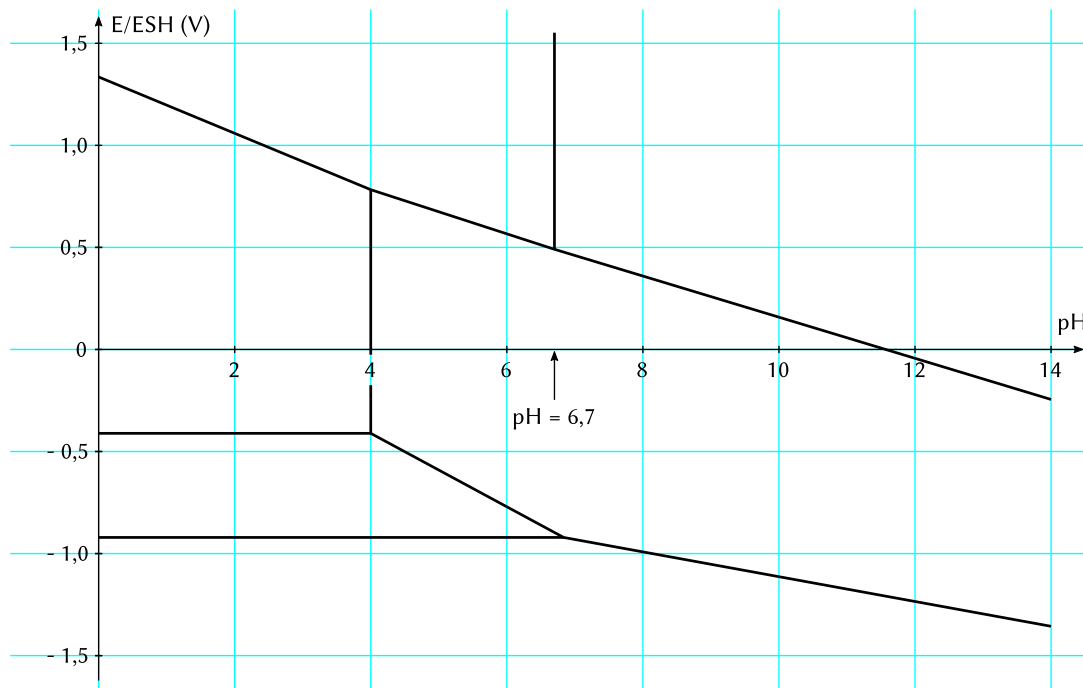
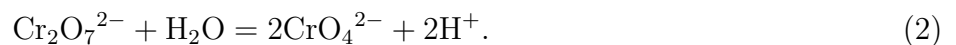


FIGURE 1 – Diagramme  $E - \text{pH}$  du chrome.

- Déterminer le nombre d'oxydation du chrome dans chacune des six espèces. Montrer que le couple  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{CrO}_4^{2-}$  forme un couple acido-basique. Reproduire sur votre copie l'allure du diagramme  $E - \text{pH}$  de la Fig. 1 en associant un domaine à chacune des six espèces.
- Quel est le pH de début de précipitation de l'hydroxyde de chrome *III*? En déduire le produit de solubilité de l'hydroxyde de chrome *III*, qui correspond à la constante d'équilibre  $K_s$  de la réaction :



- On considère la réaction chimique de constante d'équilibre  $K_1$  :



On rappelle que sur la frontière qui sépare deux espèces dissoutes, il y a autant d'élément chrome dans chacune des deux espèces. Déterminer, à l'aide du diagramme  $E - \text{pH}$  du chrome, la valeur numérique de  $\text{p}K_1 = -\log(K_1)$  de cette constante d'équilibre.

4. Lors de la déchromatation, les ions  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  sont réduits en milieu acide en ions  $\text{Cr}^{3+}$  par les ions  $\text{HSO}_3^-$  qui s'oxydent en ions  $\text{SO}_4^{2-}$ . Écrire la réaction chimique qui correspond à la réduction d'une mole de  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . Déterminer la valeur numérique de la constante d'équilibre  $K_2$  associée à cette réaction. Conclure.

## 2 Décyanurisation

Les ions cyanure  $\text{CN}^-$  des eaux polluées sont éliminés par oxydation, en milieu fortement basique, en ions  $\text{CNO}^-$ , à l'aide d'un excès d'eau de Javel suivant la réaction :



L'eau de Javel sera assimilée ici à une solution équimolaire d'ions  $\text{Cl}^-$  et d'ions  $\text{ClO}^-$ . La Fig. 2 correspond au diagramme  $E - \text{pH}$  du chlore, tracé pour une concentration totale en élément chlore dissous de  $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

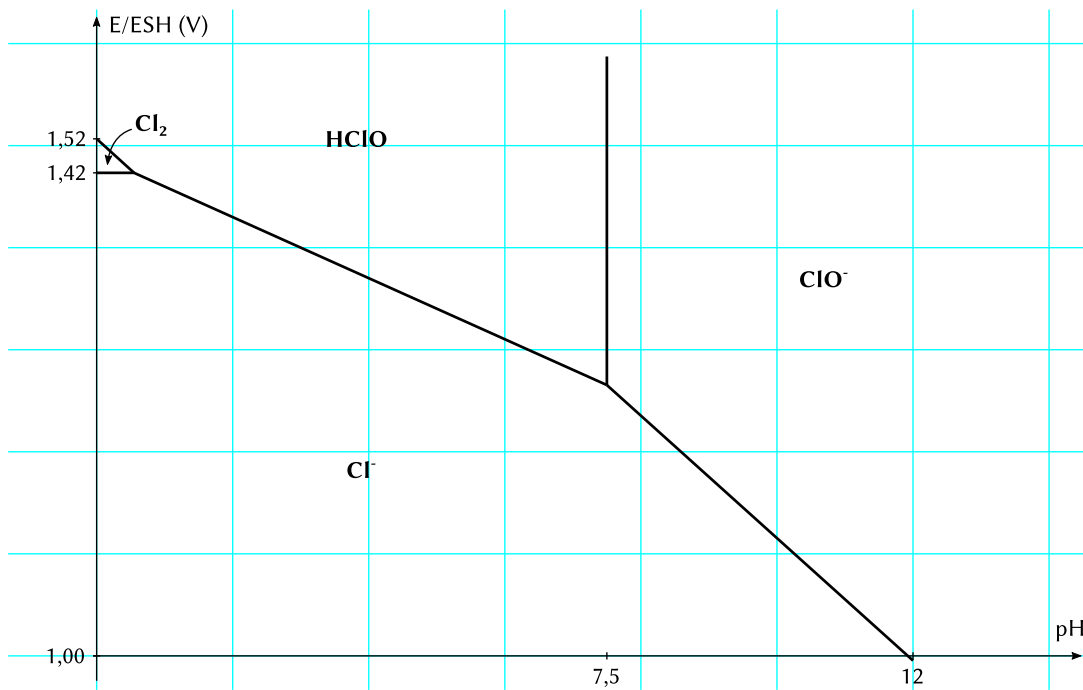


FIGURE 2 – Diagramme  $E - \text{pH}$  du chlore.

5. Justifier qualitativement à l'aide des diagrammes  $E - \text{pH}$  que cette réaction est quasi-totale.

Le dichlore  $\text{Cl}_2$  est un gaz très toxique, voire mortel.

6. Pourquoi est-il déconseillé d'utiliser l'eau de Javel en milieu trop acide? Écrire l'équation chimique qui se produit lorsqu'on acidifie trop fortement une solution d'eau de Javel.

**Données :**  $E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33\text{V}$

$E^0(\text{SO}_4^{2-}/\text{HSO}_3^-) = 0,17\text{V}$

$E^0(\text{CNO}^-/\text{CN}^-) = -0,13\text{V}$