

# Cahier de vacances de chimie – TPC1

(à rendre le jour de la rentrée)

**Bienvenue et félicitations pour votre admission en TPC !**

Afin de réactiver vos connaissances avant la rentrée, je vous propose une mission scientifique fictive, à faire idéalement pendant la dernière semaine (ou les 2 dernières semaines) du mois d'août.

## Dossier d'expertise : la Rivière Claire

*Diagnostic chimique et traitement d'une pollution industrielle*

Depuis plusieurs mois, la qualité de la Rivière Claire se dégrade. Les habitants signalent une coloration anormale de l'eau et une mortalité inquiétante de la faune aquatique. Les premières investigations pointent du doigt une ancienne usine de traitement de surfaces métalliques abandonnée en amont. Sur place, les inspecteurs de l'environnement ont découvert une cuve d'électrolyse fissurée laissant s'échapper un mince filet de liquide d'un bleu intense, s'infiltrant directement à travers le béton abîmé vers la rivière...



**Votre mission :** Mandaté(e) en urgence sur le site, vous intégrez l'équipe d'expertise environnementale. Votre objectif : déterminer précisément la quantité de polluant dans les installations et mettre en œuvre un traitement chimique d'urgence afin de stopper cette pollution.

### Étape 1 – Préparer une solution de référence

Avant d'analyser l'eau du bassin, vous devez calibrer vos instruments. Il vous faut préparer une solution dont la concentration en ion cuivre (II), aussi noté  $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ , est parfaitement connue. Vous disposez pour cela d'un solide : le sulfate de cuivre pentahydraté, de formule brute ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ).

On souhaite préparer un volume  $V = 100,0 \text{ mL}$  d'une solution de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $c = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- Q1. Calculer la quantité de matière de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) nécessaire pour obtenir la concentration souhaitée, une fois le solide totalement dissous.
- Q2. En déduire la masse de sulfate de cuivre pentahydraté à peser.
- Q3. Décrire le protocole expérimental permettant de préparer cette solution au laboratoire avec précision.

Donnée :  $M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 249,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

### Étape 2 – Préparer une gamme de solutions

Une fois la solution mère réalisée, vous devez préparer plusieurs solutions filles de concentrations variées, qui serviront à construire une courbe d'étalonnage pour vos instruments de mesure.

La solution mère préparée précédemment possède une concentration  $c = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On souhaite préparer un volume  $V_1 = 100,0 \text{ mL}$  d'une solution fille de concentration  $c_1 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

- Q4. Calculer le volume de solution mère à prélever.
- Q5. Décrire le protocole expérimental permettant de réaliser cette dilution.



### Étape 3 – Comprendre l'espèce chimique recherchée

Avant d'interpréter les résultats, il faut comprendre sous quelle forme le cuivre est présent dans l'eau.

Dans les effluents industriels, le cuivre n'est pas présent sous forme métallique mais sous forme d'ions cuivre(II)  $\text{Cu}^{2+}$  dissous.

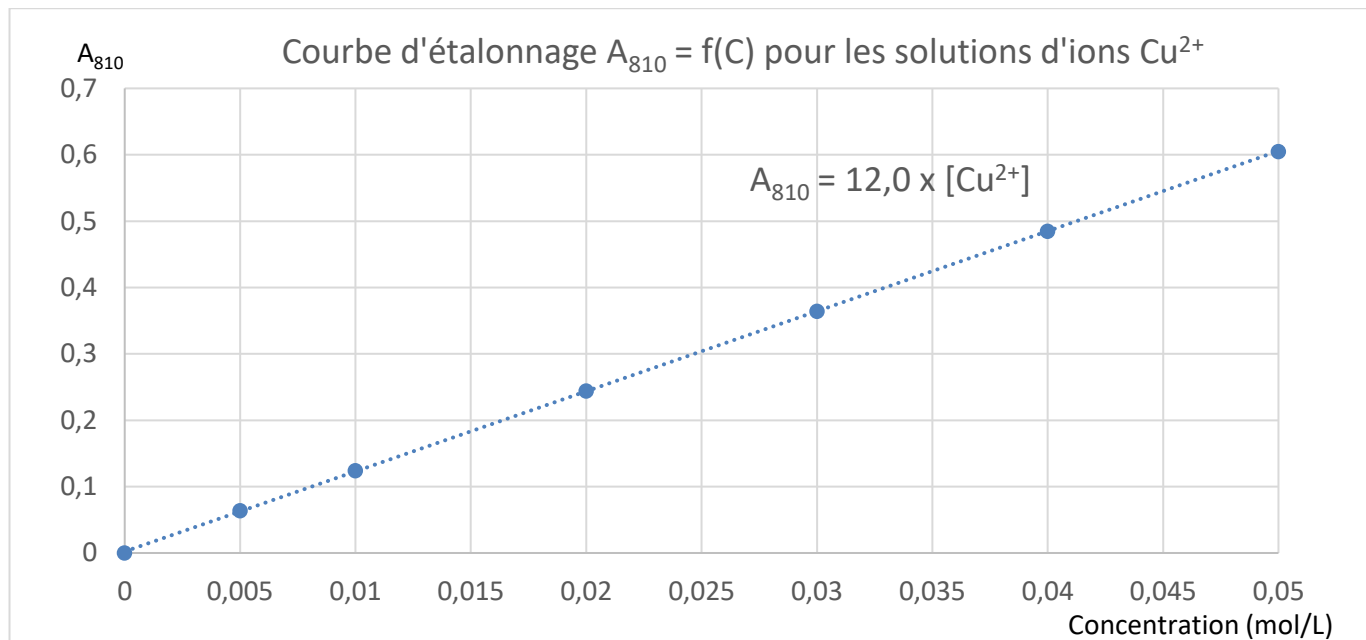
On considère l'atome  ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ .

- Q6. Donner le nombre de protons, de neutrons et d'électrons présents dans cet atome.
- Q7. L'atome de cuivre peut perdre deux électrons pour former l'ion  $\text{Cu}^{2+}$ .  
Donner la composition de cet ion.

#### Étape 4 – Analyser l'eau du bassin industriel

Vos prélèvements du site industriel sont arrivés au laboratoire, conservés au frais. À l'œil nu, le liquide présente cette même coloration azur caractéristique des ions cuivre(II). Mais la science exige des chiffres. Vous allumez le spectrophotomètre pour procéder au dosage. Une gamme étalon a été préparée grâce aux solutions précédentes et l'absorbance de ces solutions a été mesurée à la longueur d'onde  $\lambda = 810 \text{ nm}$ , correspondant au maximum d'absorption des ions  $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ .

La courbe d'étalonnage  $A_{810} = f(C)$  obtenue au laboratoire est fournie ci-dessous :



Pour l'échantillon provenant du bassin industriel, la mesure de l'absorbance à 810 nm donne :  $A_{810} = 0,18$

**Q8.** Quelle opération doit être réalisée avant toute mesure d'absorbance ?

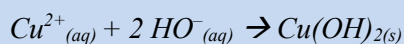
**Q9.** À l'aide de la courbe d'étalonnage, déterminer la concentration molaire en ions cuivre(II) dans l'échantillon.

**Q10.** Le bassin industriel correspondant à un volume total d'environ  $V = 2500 \text{ L}$ , calculer la quantité de matière d'ions cuivre(II) présente dans le bassin, notée  $n_{\text{bassin}}$ .

Donnée :  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

#### Étape 5 – Traiter les eaux contaminées

Les résultats de votre dosage sont formels : la concentration est alarmante. L'infiltration doit être stoppée immédiatement. En tant que chimiste, vous optez pour la méthode de la précipitation chimique : le principe consiste à ajouter une solution contenant des ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ , qui vont réagir avec les ions cuivre(II) dissous et former un solide peu soluble : l'hydroxyde de cuivre(II). La réaction est la suivante :



Le solide bleu obtenu pourra ensuite être séparé de l'eau par filtration.

**Q11.** En utilisant la quantité de matière d'ions  $\text{Cu}^{2+}$  contenue dans le bassin, notée  $n_{\text{bassin}}$ , déterminée à la question **Q10**, déterminer la quantité d'ion hydroxyde  $\text{HO}^-$  qu'il faut ajouter dans le bassin pour faire précipiter tous les ions  $\text{Cu}^{2+}$  contenus dans le bassin. On considèrera que la réaction est quantitative.

**Q12.** En déduire la masse d'hydroxyde de sodium  $\text{NaOH}$  à ajouter dans le bassin.

Données :  $M(\text{NaOH}) = 40,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

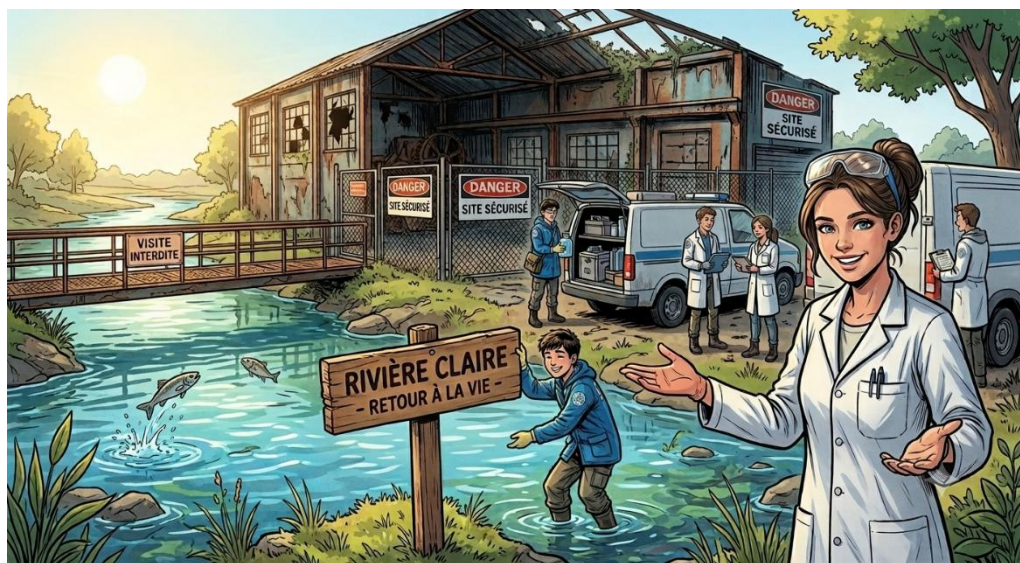
### Étape 6 – Vérifier que le traitement a été efficace

Quelques heures après l'injection de la soude sur le terrain, un abondant précipité bleu s'est formé et a été récupéré. Au total, une masse  $m = 3,60 \text{ kg}$  de  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  a été formée. C'est l'heure du bilan : vos calculs vont valider ou non la sécurisation du site...

**Q13.** En utilisant la valeur de  $n_{\text{bassin}}$ , déterminée à la question **Q10**, calculer le rendement du traitement à l'hydroxyde de sodium qui a été réalisé et vérifier qu'il est supérieur à 95%.

Données :  $M(\text{Cu}(\text{OH})_2) = 97,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

### Fin de mission



Félicitations ! Grâce à votre travail, l'ancien site industriel peut désormais être sécurisé et la Rivière Claire retrouve progressivement un environnement plus favorable.

Cette enquête vous a permis de mobiliser plusieurs capacités essentielles en chimie :

- Préparer une solution ;
- Réaliser une dilution ;
- Comprendre la structure d'un atome et d'un ion ;
- Exploiter une mesure expérimentale ;
- Calculer des quantités de matière ;
- Étudier une réaction chimique, sa stœchiométrie et son rendement.

Ces capacités seront utiles dès les premières semaines de votre formation en TPC1.

Au plaisir de vous voir à la rentrée !

Cyril Le Fur