

Cette séance est consacrée à la résolution d'un problème scientifique à partir de résultats expérimentaux.

Document 1 : Eau d'Hépar

L'eau d'Hépar est une eau minérale fortement minéralisée en ions magnésium $Mg^{2+}(aq)$ et calcium $Ca^{2+}(aq)$. L'étiquette indique les concentrations massiques de ces ions, en $mg.L^{-1}$.

Données : masses molaires atomiques :

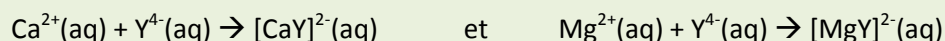
$$M(Ca) = 40,1 \text{ g.mol}^{-1} ; M(Mg) = 24,3 \text{ g.mol}^{-1}.$$



Minéralisation caractéristique en mg/l .
Calcium : 555 - Magnésium : 110
Sodium : 14 - Sulfate : 1479 - Nitrate : 3,9
Hydrogencarbonate : 403 - pH = 7,0
Résidu sec à 180°C. = 2580mg/l

Document 2 : Réactions des ions calcium et magnésium

En milieu basique, à $pH = 10$, les ions calcium $Ca^{2+}(aq)$ et magnésium $Mg^{2+}(aq)$ réagissent avec les ions ÉthylèneDiamineTétraAcétate, ou **EDTA**, notés $Y^{4-}(aq)$, contenus dans une eau minérale pour former des ions complexes très stables et incolores selon les réactions totales d'équation :



Les réactifs et les produits étant incolores, l'utilisation d'un indicateur de fin de réaction pour repérer l'équivalence du titrage est nécessaire.

Document 3 : Le NET, indicateur de fin de réaction

Le Noir Eriochrome T (ou **NET**) est bleu à $pH = 10$ (**Doc. 1.a**) : on le note $In^{3-}(aq)$.

À $pH = 10$ et en présence d'ions calcium $Ca^{2+}(aq)$ et magnésium $Mg^{2+}(aq)$, le NET forme deux ions complexes, notés $[CaIn]^{-}(aq)$ et $[MgIn]^{-}(aq)$ de couleur rose tous deux (**Doc. 1.b**) selon les réactions totales d'équation :

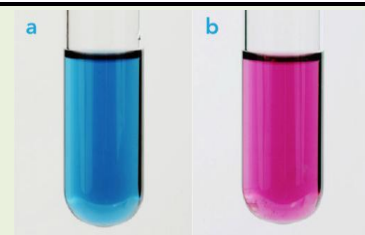


Cette couleur rose persiste tant que les ions calcium et magnésium sont présents en solution aqueuse.

En tant qu'indicateur de fin de réaction, le NET est utilisé en petite quantité. Avec les ions calcium et magnésium, initialement présents dans une eau, le NET forme les ions complexes $[CaIn]^{-}(aq)$ et $[MgIn]^{-}(aq)$ roses.

Ces ions complexes sont moins stables que ceux formés avec l'EDTA.

Ainsi, dans un mélange contenant les ions calcium et magnésium et le NET, l'EDTA réagit d'abord avec les ions $Ca^{2+}(aq)$ et $Mg^{2+}(aq)$ « libres ». Puis l'EDTA détruit les ions complexes $[CaIn]^{-}(aq)$ et $[MgIn]^{-}(aq)$, libérant ainsi le NET et les derniers ions calcium et magnésium avec lesquels il réagit.



Doc. 1 Le NET est bleu (a); il vire au rose en présence d'ions calcium ou magnésium (b).

Document 4 : Dureté d'une eau et degré hydrotimétrique

En France, la dureté d'une eau s'exprime en degré hydrotimétrique, noté D et exprimé en °TH.

Par définition le degré hydrotimétrique est : $D(^{\circ}TH) = 10 \times C$ avec $C = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ en $mmol.L^{-1}$.

En France les eaux de consommation courantes ont des **D(^{\circ}TH)** compris entre **0 °TH et 50 °TH**.

Document 5 : Matériel et solutions disponibles

- ▲ eau d'Hépar ;
- ▲ solution tampon $pH = 10$;
- ▲ NET liquide ou solide ;
- ▲ solution d'EDTA à $C_2 = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
- ▲ 1 agitateur magnétique avec barreau aimanté ;
- ▲ 1 burette graduée ;
- ▲ 3 béchers de 100 mL ;
- ▲ 1 erlenmeyer de 250 mL ;
- ▲ 1 pipette jaugée de 20,0 mL et 1 propipette ;
- ▲ 1 éprouvette graduée de 50 mL.

Document 6 : Résultats du titrage

Lors du titrage d'un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'eau d'Hépar on verse un volume d'EDTA à $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ de $V_E = 7,3 \text{ mL}$.

Résolution de problème :

App, Ana, Val, Com

→ Élaborer un protocole expérimental **DÉTAILLÉ** permettant de déterminer, par titrage, la somme des concentrations $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$ dans un volume $V_1 = 20,0 \text{ mL}$ d'eau d'Hépar.

Appeler le professeur pour valider le protocole

→ Comparer le résultat obtenu à celui que l'on peut déterminer à partir des indications de l'étiquette puis calculer l'incertitude relative r (voir fiche 4 page 201) et indiquer si l'eau d'Hépar elle une eau de consommation quotidienne.