

Traitement des eaux : élimination des cations magnésium par précipitation

Énoncé initial

Les distributeurs d'eau potable sont souvent amenés à diminuer la concentration de certains ions dans l'eau à traiter afin de respecter les normes de potabilité édictées par décret. Soit une eau qui contient 0,240 g d'ions Mg^{2+} dans un volume de 1 l. En vue d'épurer cette eau de ces ions Mg^{2+} , on y verse 21 ml d'une solution de NaOH 1 M. Les ions magnésium précipitent sous forme d'hydroxyde de magnésium.

- a) Écrire l'équation ionique traduisant la réaction de précipitation des ions OH^-
- b) Calculer la concentration des ions OH^- en excès dans la solution après précipitation
- c) Écrire l'expression du K_{ps} de $Mg(OH)_2$
- d) Calculer la concentration des ions Mg^{2+} restant en solution et la masse de ces ions ($K_{ps} = 5 \cdot 10^{-12}$)
- e) Calculer le pourcentage en masse des ions précipités

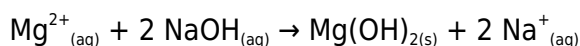
Résolution non corrigée/vérifiée

Les erreurs sont supposées imputables à l'enseignant ou aux élèves.

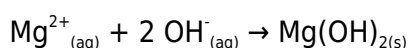
Données :

- masse ions Mg^{2+} : $m = 0,240$ g
- masse molaire Mg : 24.3 g (24.305)

Équation chimique



a) Équation ionique de précipitation



b) Concentration des OH^- en excès après précipitation

$$n_{Mg^{2+}} \text{ initial} = m/M = 0.240/24.3 = 9.88 \cdot 10^{-3} \text{ mole}$$

$$n_{OH^-} \text{ nécessaire} = 2 * n_{Mg^{2+}} = 1.97 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad n_{OH^-} \text{ ajouté} = C V = 1 * 21 \cdot 10^{-3} = 2.1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{OH^-} \text{ en excès} = n_{\text{total}} - n_{\text{nécessaire}} = 2.1 \cdot 10^{-2} - 1.97 \cdot 10^{-2} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ mole}$$

Concentration des hydroxydes en excès :

$$C_{OH^-} \text{ en excès} = n/V = 1.3 \cdot 10^{-3} / 1.021 = 1.27 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

c) Expression du Kps de Mg(OH)₂

K_{ps} : constante du produit de solubilité

$$K_{ps} = [Mg^{2+}] [OH^-]^2$$

d) Concentration et masse des ions Mg²⁺ restant en solution

$$K_{ps} = s * (2 s)^2 = 4 s^3 = 5 \cdot 10^{-12}$$

$$\rightarrow s = \sqrt[3]{(5 \cdot 10^{-12} / 4)} = 1.08 \cdot 10^{-4} \text{ M} = [Mg^{2+}]$$

$$n_{Mg^{2+}} = s V = 1.08 \cdot 10^{-4} * 1.021 = 1.102 \cdot 10^{-4} \text{ mole}$$

$$m_{Mg^{2+}} = n M = 1.102 \cdot 10^{-4} * 24.3 = 2.68 \cdot 10^{-3} \text{ g}$$

e) Pourcentage en masse des ions précipités

$$n_{Mg^{2+}} \text{ en solution} = 1.102 \cdot 10^{-4} \text{ mole}$$

$$n_{Mg^{2+}} \text{ total} = 9.88 \cdot 10^{-3} \text{ mole}$$

$$n_{Mg^{2+}} \text{ précipité} = 9.88 \cdot 10^{-3} - 1.102 \cdot 10^{-4} = 9.77 \cdot 10^{-3} \text{ mole}$$

$$m_{Mg^{2+}} \text{ précipité} = 9.77 \cdot 10^{-3} * 24.3 = 2.379 \cdot 10^{-1} \text{ g}$$

$$m_{Mg^{2+}} \text{ total} = 9.88 \cdot 10^{-3} * 24.3 = 2.4 \cdot 10^{-1} \text{ g}$$

$$\text{pourcentage massique des ions précipités} : (2.379 \cdot 10^{-1} / 2.4 \cdot 10^{-1}) * 100 = 98.8 \%$$

Défauts de la résolution

- partie b)
- facteur 2s pour les hydroxydes dans la partie d) !!

Tentative de résolution suivant l'énoncé initial

- réaliser un tableaux d'avancement avec les valeurs de concentrations suite au mélange ?
- tenir compte de l'excès de NaOH qui a comme effet d'augmenter la masse de précipité
- déduire (?) une équation du troisième degré que l'on peut espérer résoudre par « simplification »

Une solution "correcte" de l'énoncé non modifié est très compliquée pour les élèves.

Modification de l'énoncé

Règles valides de notation chimique

- 1 M → 1 mol/L
- l → L
- ml → mL
- mole → mol

- indiquer les unités systématiquement ! (y compris unité de Kps,...)
- chiffres significatifs variables (?)

Hypothèse simplificatrice

Dans la partie b) : terminer par "...après précipitation, dans l'hypothèse où $Mg(OH)_2$ serait totalement insoluble.




Cette étape est aussi plus "facile" puisqu'on n'utilise pas encore le Kps et permet donc une gradation dans la difficulté des calculs et la complexité des concepts à utiliser

la sous-question d) peut alors être utilisée en levant l'hypothèse d'insolubilité totale, mais en vérifiant que l'erreur commise sur la concentration en excès des hydroxydes n'est pas problématique.

Pertinence appliquée de l'énoncé

À vérifier : probablement pour des raisons de coût, la chaux hydratée $Ca(OH)_2$ semble être préférée à l'hydroxyde de sodium NaOH.

Références en traitement des eaux (compléter)

- [Traitement à la chaux hydratée \(technologie émergente\) ??](#)
- Le traitement des eaux le plus fréquent en pratique et réglementé (il y a des normes strictes) concerne les phosphates. Cf. par exemple <https://www.lenntech.com/phosphorous-removal.htm>. Les phosphates sont précipités avec des chlorure ou hydroxyde d'aluminium. 

Contingence didactique

- fausses conceptions ?
- pas de support visuel/graphique pour la compréhension
- niveau macroscopique & microscopique absents (?)

Énoncé modifié

Corrigé final

From:

<https://dvillers.umons.ac.be/wiki/> - Didier Villers, UMONS - wiki

Permanent link:

https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:exos_precipitation_magnesium

Last update: 2022/05/17 16:10

