

# 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

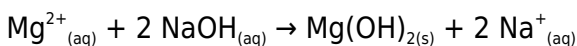
## Résolution non corrigée/vérifiée

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

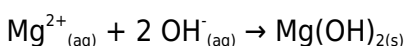
Données :

- 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

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

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

$$n_{\text{OH}^-} \text{ en excès} = n_{\text{total}} - n_{\text{nécessaire}} = .1 \cdot 10^{-2} - 1.97 \cdot 10^{-2} = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ mole}$$

Concentration des hydroxydes en excès :

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

### c) Expression du Kps de Mg(OH)<sub>2</sub>

K<sub>ps</sub> : constante du produit de solubilité

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

### d) Concentration et masse des ions Mg<sup>2+</sup> restant en solution

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

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

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

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

### e) Pourcentage en masse des ions précipités

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

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

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

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

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

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

### 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  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  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  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  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](https://dvillers.umons.ac.be/wiki/teaching:exos_precipitation_magnesium)

Last update: **2022/05/17 16:10**

