

Coefficient de partage

- Énoncé -

L'acide benzoïque C_6H_5-COOH est assez soluble dans des solvants moins polaires que l'eau : l'éthanol, l'éther diéthylique ou le dichlorométhane.

On cherche à extraire l'acide à partir d'une solution aqueuse saturée dans une ampoule à décanter en présence d'un solvant organique non miscible à l'eau.

L'acide passe dans ce solvant et on le récupère après élimination du solvant.

A. Dosage de la solution saturée initiale S_0

On dose un échantillon de volume $V_0 = 20,0$ mL de la solution S_0 par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 2,0 \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en hydroxyde de sodium apporté. Un indicateur coloré permet de déterminer l'équivalence. A cet instant, tout l'acide benzoïque présent dans l'échantillon a réagi avec un volume $V_b = 22,8$ mL de solution d'hydroxyde de sodium.

L'équation de la réaction de dosage est : $C_6H_5COOH + HO^- = C_6H_5COO^- + H_2O$

Calculez la quantité n_0 d'acide benzoïque contenu dans l'échantillon dosé.

B. Extraction simple

Dans une ampoule à décanter, on introduit un volume $V_0' = 40,0$ mL de la solution S_0 . On ajoute un volume $V = 10,0$ mL de dichlorométhane (densité : $d = 1,33$). On bouche l'ampoule, on l'agite et on la retourne plusieurs fois, en n'oubliant pas de dégazer régulièrement. On repose l'ampoule sur son support puis on enlève le bouchon.

On recueille un volume $20,0$ mL de la phase aqueuse que l'on dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b' = 2,0 \times 10^{-3}$ mol.L⁻¹.

Le volume de soude versé à l'équivalence est $V_b' = 18,1$ mL.

1. Situez les deux phases dans l'ampoule à décanter.
2. Calculez la quantité n_1 d'acide restant dans la phase aqueuse. En déduire la quantité extraite avec le solvant organique.
3. Dans le cas d'une extraction liquide-liquide, le coefficient de partage K est défini comme le rapport des concentrations molaires d'un même constituant E dans deux phases aqueuse et organique non miscibles : $K = \frac{[E]_{org}}{[E]_{aq}}$.

Déterminez le coefficient de partage K_1 .

4. Calculez le rendement r_1 de l'extraction.

C. Extraction en 2 étapes

On introduit de nouveau un volume $V_0' = 40,0$ mL de solution S_0 dans une ampoule à décanter. On ajoute un volume $\frac{V}{2} = 5,0$ mL de dichlorométhane.

On recueille la phase aqueuse en totalité et on extrait une seconde fois avec le même volume de $5,0$ mL de dichlorométhane. On recueille finalement un volume de $20,0$ mL de phase aqueuse que l'on dose avec la solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_b' . Le volume équivalent est $V_b'' = 4,0$ mL.

1. Calculez la quantité n_2 d'acide restant dans la phase aqueuse. En déduire la quantité extraite avec le solvant organique.
2. Calculez le coefficient de partage K_2 .
3. Déterminez le rendement r_2 de l'extraction en 2 étapes.
4. Quelle conclusion peut-on tirer de ces deux expériences ?

Corrigé exercice I coefficient de partage

A. Quantité d'acide initialement présente dans 40,0 mL de S_0 :

$$n_0 = c_b \cdot V_b \quad \text{soit } n_0 = 2,0 \times 10^{-2} \times 22,8 \times 10^{-3} \approx 4,6 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

B. 1. La densité de la phase organique est supérieure à celle de la phase aqueuse : la phase organique est sous la phase aqueuse.

2. a) Quantité d'acide restante dans 20,0 mL de S_0 :

$$n_1 = c_b' \cdot V_b' \quad \text{soit } n_1 = 2,0 \times 10^{-3} \times 18,1 \times 10^{-3} \approx 3,6 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

Rq : la quantité d'acide restante dans 40,0 mL de S_0 est égale à $2n_1$ (réponse acceptée).

b) Quantité d'acide extraite, à partir de 20,0 mL de S_0 , avec le solvant organique :

$$n_1' = n_0 - n_1 \quad \text{soit } n_1' = 4,6 \times 10^{-4} - 3,6 \times 10^{-5} \approx 4,2 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Rq1 : la quantité d'acide extraite à partir de 40,0 mL de S_0 est égale à $2n_1'$ (réponse acceptée).

Rq2 : il n'est pas possible d'écrire que la quantité extraite est égale à $2n_0 - n_1$! En effet, $2n_0$ fait référence à un volume de 40,0 mL de S_0 et n_1 fait référence à un volume de 20,0 mL de la même solution.

3. $[C_6H_5COOH]_{org} = \frac{2n_1'}{V}$ (V étant le volume total de dichlorométhane, il faut considérer la quantité totale d'acide extraite à partir de 40,0 mL de S_0).

$$[C_6H_5COOH]_{aq} = \frac{n_1}{V_0} = \frac{2n_1}{V_0} \quad \text{et} \quad K_1 = \frac{[C_6H_5COOH]_{org}}{[C_6H_5COOH]_{aq}} \Rightarrow K_1 = \frac{2n_1' \cdot V_0}{V \cdot n_1}$$

$$\text{Soit : } K_1 = \frac{2 \times 4,2 \times 10^{-4} \times 20,0 \times 10^{-3}}{10,0 \times 10^{-3} \times 3,6 \times 10^{-5}} \approx 47$$

$$4. \quad r_1 = \frac{n_1'}{n_0} \quad \text{soit } r_1 = \frac{4,2 \times 10^{-4}}{4,6 \times 10^{-4}} \approx 9,1 \times 10^{-1} \text{ ou } 91\%$$

C. 1. a) Quantité d'acide restante dans 20,0 mL de S_0 :

$$n_2 = c_b'' \cdot V_b'' \quad \text{soit } n_2 = 4,0 \times 10^{-3} \times 2,0 \times 10^{-3} = 8,0 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

Rq : la quantité d'acide restante dans 40,0 mL de S_0 est égale à $2n_2$ (réponse acceptée).

b) Quantité d'acide extraite, à partir de 20,0 mL de S_0 , avec le solvant organique :

$$n_2' = n_0 - n_2 \quad \text{soit } n_2' = 4,6 \times 10^{-4} - 8,0 \times 10^{-6} \approx 4,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Rq1 : la quantité d'acide extraite à partir de 40,0 mL de S_0 est égale à $2n_2'$ (réponse acceptée).

Rq2 : pour les mêmes raisons que précédemment (cf. B.2.b), il n'est pas possible d'écrire $2n_0 - n_2$.

2. Le coefficient de partage d'un soluté entre deux solvants est une constante d'équilibre associée à la réaction : $C_6H_5COOH_{aq} = C_6H_5COOH_{org}$

$$\text{Cette constante ne dépend que de la température : } K_2 = \frac{[C_6H_5COOH]_{org}}{[C_6H_5COOH]_{aq}} = K_1 = 47$$

$$3. \quad r_2 = \frac{n_2'}{n_0} \quad \text{soit } r_2 = \frac{4,5 \times 10^{-4}}{4,6 \times 10^{-4}} \approx 9,8 \times 10^{-1} \text{ ou } 98\%.$$

4. L'extraction en deux étapes donne un meilleur résultat sans pour autant consommer plus de solvant.

6 Coefficient de partage

L'acide benzoïque est un solide peu soluble dans l'eau : à 25 °C, sa solubilité est de 2,4 g . mol⁻¹. Il est en revanche assez soluble dans des solvants moins polaires que l'eau comme l'éthanol, l'éther diéthylique ou le dichlorométhane.

L'extraction de l'acide est réalisée à partir d'une solution aqueuse saturée dans une ampoule à décanter en présence d'un solvant organique non miscible à l'eau.

L'acide passe dans ce solvant et on le récupère après élimination du solvant.

Données : $d_{(\text{dichlorométhane})} = 1,33$.

A. Dosage de la solution saturée initial S_0

On dose 20,0 mL de la solution S_0 par une solution de soude de concentration $c = 2,0 \times 10^{-2}$ mol . L⁻¹.

Le volume équivalent est de 22,8 mL.

L'équation est :



1. Calculer la quantité n_0 d'acide benzoïque contenue dans 20,0 mL de solution S_0 .

B. Extraction simple

Dans une ampoule à décanter, on introduit $V'_0 = 40,0$ mL de la solution S_0 . On ajoute $V = 10,0$ mL de dichlorométhane. On bouche l'ampoule, on agite et on la retourne plusieurs fois, en n'oubliant pas de dégazer régulièrement. On repose l'ampoule sur son support, puis on enlève le bouchon.

On recueille 20,0 mL de la phase aqueuse. On dose cette solution avec une solution de soude $c' = 2,0 \times 10^{-3}$ mol . L⁻¹.

Le volume versé à l'équivalence est de 18,1 mL.

2. Avec quelle verrerie prélève-t-on le dichlorométhane ?
3. Faire un dessin de l'ampoule en situant les phases.
4. Calculer la quantité d'acide restant dans la phase aqueuse.
5. En déduire la quantité extraite avec le solvant organique.
6. Déterminer le coefficient de partage.
7. Déterminer alors le rendement de l'extraction.

C. Extraction en deux étapes

On introduit dans une ampoule à décanter de nouveau $V'_0 = 40,0$ mL de la solution S_0 .

On ajoute $V/2 = 5,0$ mL de dichlorométhane.

On recueille la phase aqueuse en totalité et on extrait une seconde fois avec 5,0 mL. On recueille 20,0 mL de la phase aqueuse, et on dose cette solution avec une solution de soude $c' = 2,0 \times 10^{-3}$ mol . L⁻¹. Le volume équivalent est de 4,0 mL.

8. Calculer la quantité d'acide restant dans la phase aqueuse.
9. En déduire la quantité extraite avec le solvant organique.
10. Calculer le coefficient de partage.
11. Déterminer alors le rendement de l'extraction.
12. Quelle est la conclusion que l'on peut tirer de ces deux expériences ?