

Activité S1.11 : Extraction de l'acide benzoïque, constante de partage

Lors de manipulations de synthèse de molécules en chimie organique, il n'est pas rare que le composé désiré (A) soit obtenu en solution dans un solvant (S_1). Il est alors nécessaire d'éliminer ce solvant pour récupérer le produit A.

Lorsque ce solvant S_1 est difficilement éliminable (très souvent l'eau), on choisit alors de faire passer le composé A dans un autre solvant (S_2), qui, lui, sera plus facilement éliminable (il s'agit souvent d'un solvant organique, de faible température d'ébullition, et non miscible au solvant S_1).

On dit alors que l'on effectue l'extraction du produit A par un solvant adéquat (S_2). Très souvent, le solvant S_2 est l'éther, Et-O-Et, ou du dichlorométhane CH_2Cl_2 .

On étudie ici l'extraction de l'acide benzoïque (A), initialement dans l'eau (S_1), par de l'huile de tournesol (S_2). Le choix du solvant (S_2) est guidé ici par des raisons écologiques.

Présentation théorique de la constante de partage P et du principe d'extraction

On suppose la température fixée.

Le composé, noté A, est initialement dans un volume V_{aq} d'eau (solvant S_1), que l'on met en présence d'un volume V_{org} de solvant organique **non miscible** (solvant S_2).

Une partie de A contenu dans l'eau passe dans la phase organique, lors de l'établissement de l'équilibre suivant :

$$A_{(aq)} = A_{(org)} \quad \text{avec} \quad P = \frac{[A_{(org)}]_{eq}}{[A_{(aq)}]_{eq}}$$

P est appelé constante de partage et ne dépend que de la température (pour un composé A fixé et pour les deux solvants choisis).

P correspond à la constante de l'équilibre de passage de A de l'eau vers le solvant organique.

La valeur $\log(P)$ permet d'évaluer le caractère hydrophile (ayant une affinité pour l'eau ou les solvants polaires) ou lipophile (ayant une affinité pour les solvants apolaires, notamment organiques) de l'espèce chimique.

On désire ici utiliser la constante de partage de l'acide benzoïque (A) entre l'eau et l'huile de tournesol (mélange d'hydrocarbure).

1°) Extraction simple

On suppose la constante de partage P connue. On note :

n_0 : la quantité de matière de A contenu initialement dans le volume V_{aq} d'eau.

n_1 : la quantité de matière de A restant dans l'eau après extraction par V_{org} de solvant organique.

a°) Faire un tableau d'avancement pour trouver la relation entre les quantités de matière de A dans les deux solvants, en déduire les concentrations à l'équilibre $[A_{(aq)}]_{eq}$ et $[A_{(org)}]_{eq}$.

b°) Démontrer la relation : $n_1 = n_0 \times \left(\frac{V_{aq}}{P V_{org} + V_{aq}} \right)$.

A.N. : $V_{aq} = V_{org} = 10 \text{ mL}$; $n_0 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ et $P = 5,0$; calculer n_1 et conclure

c°) Le rendement ρ_1 de l'extraction doit mesurer le rapport entre la quantité de matière d'acide extrait de la phase aqueuse (donc présent dans la phase organique) et la quantité de matière initiale d'acide dans cette même phase aqueuse. Exprimer ce rendement en fonction de n_0 et n_1 .

A.N. : Calculer ρ_1 .

2°) Extraction multiple

On décide d'effectuer q extractions successives par des volumes égaux à $\frac{V_{org}}{q}$.

Après la première extraction, on récupère le premier volume $\frac{V_{org}}{q}$ dans un récipient R et on extrait

à nouveau le produit A restant en phase aqueuse par une autre portion de volume $\frac{V_{org}}{q}$.

Après chaque extraction, chaque volume $\frac{V_{org}}{q}$ est ajouté dans le récipient R qui contient donc

enfin d'extraction un volume $V_{org} = q \times \frac{V_{org}}{q}$ de solvant extracteur.

a°) Soit une extraction double pour laquelle $q = 2$.

- Exprimer la quantité de matière de A restant dans l'eau après la première extraction avec un volume $\frac{V_{org}}{2}$ de solvant organique ; on note n'_1 ce nombre de moles.

A.N. : $V_{aq} = V_{org} = 10 \text{ mL}$; $n_0 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ et $P = 5,0$; calculer n'_1 et comparer n'_1 et n_1 .

- Exprimer la quantité de matière de A restant dans l'eau après la seconde extraction avec un volume $\frac{V_{org}}{2}$ de solvant organique ; on note n_2 ce nombre de moles.

A.N. : $V_{aq} = V_{org} = 10 \text{ mL}$; $n_0 = 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ et $P = 5,0$; valculer n_2 et comparer n_2 et n_1 .

- Conclure quant à l'efficacité des deux extractions.

b°) Généralisation pour une extraction multiple :

- Exprimer la quantité de matière de A restant dans l'eau après q extractions successives par q volumes $\frac{V_{org}}{q}$ de solvant organique ; on notera n_p ce nombre de moles. On pourra trouver la relation par récurrence.

- Conclure quant à l'efficacité de l'extraction multiple.