

Devoir en temps libre n° 7

Préparation d'une solution de Knop

La solution de Knop, mise au point par Wilhelm KNOP¹ est couramment utilisée comme milieu nutritif pour la culture des plantes chlorophyllienne. Elle contient certains des éléments nécessaires à la croissance de ces plantes : azote, soufre, phosphore, magnésium, calcium, fer. On peut y ajouter des oligoéléments comme le zinc, le manganèse ou le bore. On peut aussi réaliser des solutions de Knop sans phosphore ou sans azote.

La composition de la solution de Knop est la suivante :

- $6,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de nitrate de calcium
- $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de nitrate de potassium
- $2,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de sulfate de magnésium
- $1,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de dihydrogénophosphate de potassium
- $2,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de sulfate de fer (III)

On dispose des solides suivants :

- nitrate de calcium pur,
- nitrate de potassium pur,
- sulfate de magnésium pur.

On dispose des solutions aqueuses suivantes :

- dihydrogénophosphate de potassium à $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,
- sulfate de fer (III) à $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On dispose des instruments suivants :

- une balance de précision,
- des fioles jaugées de 10, 20, 25, 50, 100 et 200 mL, et de 1 L,
- des pipettes jaugées de 1, 2, 5, 10, 20 et 25 mL.

Proposer un protocole de préparation de 1 L de liquide de Knop. On rappelle qu'un protocole s'adresse à des chimistes ; il consiste à expliquer ce qu'il faut faire, et non pas expliquer comment on se sert des instruments usuels de chimie.

ion	magnésium	potassium	calcium	fer (III)	nitrate	sulfate	dihydrogénophosphate
formule	Mg^{2+}	K^{+}	Ca^{2+}	Fe^{3+}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$

TABLE 1 – Formules brutes des ions présents.

élément	H	C	N	O	Mg
$M (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$	1,008	12,011	14,007	15,999	24,305
élément	P	S	K	Ca	Fe
$M (\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$	30,974	32,064	39,098	40,08	55,847

TABLE 2 – Masses molaires des éléments présents.

1. Johann August Ludwig Wilhelm KNOP (1817 - 1891) est un chimiste allemand spécialiste de la physiologie des plantes aquatiques et des engrais ; il a été professeur de chimie agricole à l'Université de Leipzig.

Corrigé du devoir en temps libre n° 7

éléments de correction

Puisqu'on veut 1 L de solution, on va préparer la solution dans la fiole jaugée de 1 L. Pour introduire les quantités voulues des constituants, il faut procéder différemment selon la forme sous laquelle ils sont disponibles :

- les quantités de solides sont mesurées par pesée (balance),
- les quantités des espèces en solution sont mesurées par prélèvement d'un volume précis (pipettes jaugées).

Commençons par les solides. Il faut déterminer leur formule brute, qui respecte la neutralité électrique, puis calculer leur masse molaire M . La quantité de matière dans un litre étant connue, on en déduit la masse à introduire : $m = n \times M$.

Sel ionique	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄
M (g · mol ⁻¹)	101, 102	164, 028	120, 365
n (mol) dans 1 L	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$6,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
m (g) dans 1 L	0, 25	1, 00	0, 25

Concernant les espèces en solution, on dispose d'une solution de concentration C_0 . Le prélèvement d'un volume V de cette solution correspond au prélèvement d'une quantité de matière $n = C_0 V$, qui doit être égale à la quantité de matière souhaitée dans la solution de Knop. Le volume à prélever est donc $V = n/C_0$.

Solution	KH ₂ PO ₄	Fe ₂ (SO ₄) ₃
C_0 (mol · L ⁻¹)	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$
n (mol) dans 1 L	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$
V (mL)	18, 0	2, 8

On constate qu'il n'est pas possible de prélever 2,8 mL de solution de sulfate de fer avec le matériel à disposition. Il faut donc préalablement diluer la solution mère pour que le volume à prélever soit plus grand. Si la concentration de la solution mère est divisée par 5 (concentration de $1 \cdot 10^{-3}/5 = 2 \cdot 10^{-4}$ mol · L⁻¹), le volume à prélever est multiplié par 5, soit $2,8 \times 5 = 14$ mL, ce qui est compatible avec les pipettes disponibles.

La dilution d'un facteur 5 consiste à passer d'une concentration C_0 (dans la solution mère) à une concentration $C_1 = C_0/5$ (dans la solution fille), en prélevant un volume V_0 de solution mère pour préparer un volume V_1 de solution fille. Lors de la dilution la quantité de matière de soluté ne varie pas ; elle est $n = C_0 V_0$ dans le prélèvement de solution mère et $n = C_1 V_1$ dans la solution fille obtenue, soit : $C_1 V_1 = C_0 V_0$, et ici $C_0 V_0/5 = C_0 V_0$, soit $V_1 = 5V_0$. Par exemple, on prépare 50 mL de solution fille à partir de 10 mL de solution mère, ou 100 mL à partir de 20 mL. On en déduit le protocole de la dilution.

Préparation de la solution de sulfate de fer à $2,0 \cdot 10^{-4}$ mol · L⁻¹

À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève 10 mL de solution de sulfate de fer à $1,0 \cdot 10^{-3}$ mol · L⁻¹, qu'on place dans une fiole jaugée de 50 mL. On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée, en homogénéisant la solution.

On peut maintenant préparer le liquide de Knop. Pour la pesée des solides, on doit utiliser des coupelles en verre ou en plastique. Pour être certain de bien introduire tout le solide pesé dans la fiole, on doit rincer la coupelle avec de l'eau distillée et verser les eaux de rinçage dans la fiole.

Préparation de la solution de Knop

Dans trois coupelles propres, peser exactement 250 mg de nitrate de potassium, 1 g de nitrate de calcium et 250 mg de sulfate de magnésium. Introduire les solides dans une fiole jaugée de 1 L, rincer les coupelles avec un peu d'eau distillée et récupérer les eaux de lavage dans la fiole.

À l'aide de 4 pipettes jaugées de 10, 5, 2 et 1 mL, prélever 18 mL de la solution de dihydrogénophosphate de potassium à $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, et les introduire dans la fiole jaugée.

À l'aide de 2 pipettes jaugées de 10 et 2 mL, prélever 14 mL de la solution de sulfate de fer (III) à $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, et les introduire dans la fiole jaugée.

Remplir la fiole à moitié avec de l'eau distillée et agiter à l'aide d'un barreau aimanté jusqu'à dissolution complète des solides. Retirer le barreau aimanté, le rincer avec de l'eau distillée et compléter au trait de jauge avec de l'eau distillée en homogénéisant.



Wilhelm KNOP