

**EXERCICE 3. Étude d'un herbicide (4 points)**

Un herbicide, ou désherbant, est une substance destinée à tuer les végétaux.

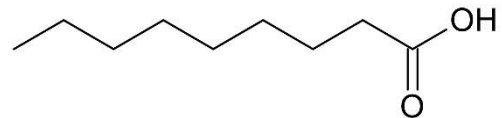
Pendant longtemps, le principe actif utilisé était le glyphosate, mais cette substance toxique, irritante et écotoxique a été classée cancérigène, et est donc remplacée par une autre molécule : l'acide pélargonique.

Le but de cet exercice est de vérifier l'indication de la concentration en masse d'acide pélargonique figurant sur les flacons en vente dans les commerces spécialisés :  $43,06 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Données diverses :**

- l'acide pélargonique est le nom usuel de l'acide nonanoïque ;

- formule topologique de l'acide pélargonique :



- masse molaire de l'acide nonanoïque :  $M = 158 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ;

- masse volumique de la solution d'herbicide :  $\rho = 1,00 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

**Préfixes de la nomenclature en chimie organique**

Nombre d'atomes de carbone	5	6	7	8	9	10	11
Préfixe	Pent	Hex	Hept	Oct	Non	Dec	Undec

**Matériels et produits mis à disposition :**

- agitateur magnétique avec un barreau aimanté ;
- pH-mètre et conductimètre étalonnés ;
- béchers de volumes divers, éprouvettes (50 mL ; 100 mL et 250 mL), erlenmeyers de volumes divers, burette graduée, fioles jaugées (50,0 mL ; 100,0 mL et 200,0 mL), pipettes jaugées (2,0 mL ; 5,0 mL ; 10,0 mL et 20,0 mL) ;
- solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ ) de concentration en soluté apporté  $C = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ;
- herbicide commercial ;
- eau distillée.

**Comparaison d'une mesure avec une valeur de référence**

Le résultat d'une mesure est considéré en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient  $z$  est inférieure ou égale à 2.

avec :

$$z = \frac{|x - x_{\text{ref}}|}{u(x)}$$

- $x$  : la valeur mesurée ;
- $x_{\text{ref}}$  : la valeur de référence ;
- $u(x)$  : l'incertitude-type associée à la mesure de  $x$ .

Pour cette expérience, on considère que la concentration en masse d'acide pélargonique est déterminée avec une incertitude-type  $u(c_m) = 1,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Zone de virage de quelques indicateurs colorés**

Indicateur coloré	Zone de virage (pH)	Forme acide	Forme basique
Hélianthine	3,2 – 4,4	Rouge	Jaune
Bleu de bromothymol (BBT)	6,0 – 7,6	Jaune	Bleu
Indicateur TA	8,2 – 9,8	Incolore	Rose

**Q1. Justifier le nom « acide nonanoïque » en nomenclature officielle de l'acide pélargonique.**

La formule topologique de l'acide nonanoïque montre qu'il contient 9 atomes de carbone et l'on reconnaît le groupe carboxyle COOH caractéristique de la famille des acides carboxyliques.

**La solution commerciale d'herbicide est trop concentrée pour pouvoir être titrée directement.**

**Q2. Proposer un protocole permettant de diluer la solution d'un facteur 10 en utilisant le matériel mis à disposition.**

Dilution d'un facteur 10 avec  $F = \frac{C_{mère}}{C_{fille}} = \frac{V_{fille}}{V_{mère}}$

Il faut  $V_{fille} = 10 \cdot V_{mère}$ .

Ou autre méthode :

Solution mère :  
 $C_{mère} = 43,06 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$   
 $V_{mère} = ?$

Solution fille :  
 $C_{fille} = C_{mère}/10$   
 $V_{fille}$

Au cours d'une dilution la quantité de matière de soluté se conserve  $n_{mère} = n_{fille}$

$$C_{mère} \cdot V_{mère} = C_{fille} \cdot V_{fille}$$

$$C_{mère} \cdot V_{mère} = \frac{C_{mère}}{10} \cdot V_{fille}$$

$$\text{Ainsi } V_{mère} = \frac{V_{fille}}{10}$$

Dans un bécher, on verse de la solution mère d'herbicide.

À l'aide d'une pipette jaugée, on prélève  $V_{mère} = 20,0 \text{ mL}$  que l'on verse dans une fiole jaugée de volume  $200,0 \text{ mL}$ .

On ajoute de l'eau distillée jusqu'au tiers de la fiole. On agite.

On poursuit l'ajout d'eau jusqu'au trait de jauge. On bouche, on agite.

On dispose de  $V_{fille} = 200,0 \text{ mL}$  d'herbicide dilué d'un facteur 10.

Remarque : avec de plus grands volumes, les incertitudes relatives sont plus faibles.

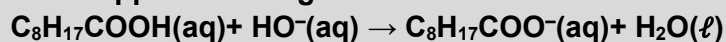
**La solution diluée ainsi obtenue est notée « solution S ».**

**On réalise un dosage par titrage acido-basique de l'acide pélargonique contenu dans cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ ).**

**Protocole expérimental :**

- remplir convenablement la burette avec la solution titrante d'hydroxyde de sodium de concentration  $C = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ;
- prélever un volume  $V_s = 5,0 \text{ mL}$  de solution S et le verser dans un bécher ;
- placer l'électrode du pH-mètre et ajouter un peu d'eau pour l'immerger ;
- ajouter lentement la solution titrante dans le bécher en notant régulièrement les valeurs du pH.

**L'équation de la réaction support du titrage est :**



**La courbe obtenue est donnée en ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

**Q3. Définir l'équivalence d'un titrage.**

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. Ils sont alors totalement consommés. Il se produit un changement de réactif limitant.

**Q4. Déterminer la valeur du volume  $V_E$  d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence. Faire apparaître la démarche sur le document-réponse de L'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE.**

À l'aide de la méthode des tangentes (voir <https://acver.fr/tangentes>), on détermine  $V_E = 14,4 \text{ mL}$ .

Ou plus simplement, on utilise la dérivée. Pour  $V = V_E$ , il se produit un saut de  $pH$ , l'augmentation de  $pH$  est très forte, la dérivée  $\frac{dpH}{dV}$  est maximale.

**Q5. Exploiter les résultats pour déterminer la concentration  $C_{ap}$  en quantité d'acide pélargonique dans la solution commerciale d'herbicide.**

On va exprimer la concentration en quantité  $C_{apS}$  dans la solution diluée S.

À l'équivalence, on  $n_{ap}$  initiale =  $n_{HO^-}$  versée

$$C_{apS} \cdot V_S = C \cdot V_E$$

$$C_{apS} = \frac{C \cdot V_E}{V_S}$$

La solution commerciale est 10 fois plus concentrée  $C_{ap} = 10 \cdot C_{apS}$

$$C_{ap} = \frac{10 \cdot C \cdot V_E}{V_S}$$

$$C_{ap} = \frac{10 \times 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 14,4 \text{ mL}}{5,0 \text{ mL}} = 2,88 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

En ne conservant que deux chiffres significatifs  $C_{ap} = 2,9 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

**Q6. Vérifier si le résultat de ce titrage est cohérent avec l'indication du fabricant.**

Le fabricant indique une concentration en masse  $C_m = 43,06 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

Expérimentalement, on a trouvé  $C_{m,exp} = C_{ap} \cdot M$

$$C_{m,exp} = 2,88 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 45,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

En ne conservant que deux chiffres significatifs  $C_{m,exp} = 46 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

On calcule le z-score pour comparer ces deux valeurs :

$$z = \frac{|x - x_{ref}|}{u(x)}, \text{ soit } z = \frac{|C_{m,exp} - C_m|}{u(C_m)}$$

$$z = \frac{|45,5 - 43,06|}{1,2} = 2,0$$

Le z-score est égal à 2, la valeur expérimentale s'écarte de la valeur théorique de deux fois l'incertitude-type. Cela demeure acceptable et permet de valider l'indication du fabricant.

Il est fréquent de faire une légère erreur de mesure sur la lecture du volume équivalent.

**Titration colorimétrique**

**Il est également possible de réaliser un titrage colorimétrique de la solution S à l'aide d'un indicateur coloré.**

**Q7. Choisir l'indicateur coloré adapté à ce titrage. Justifier.**

À l'aide de la courbe du titrage, on lit le  $pH$  à l'équivalence  $pH_E = 8,6$ . (Voir page suivante)

La zone de virage de l'indicateur coloré doit comprendre ce  $pH$  à l'équivalence.

On choisit l'indicateur TA.

**Q8. Préciser le changement de couleur observé à l'équivalence du titrage.**

L'indicateur TA passera d'incolore à rose lors de l'équivalence.

