

2 Trop de fluor tue le fluor !

Pour beaucoup de gens, le fluor est associé aux dentifrices. En effet, il a été démontré que le fluor a des vertus préventives sur l'apparition des caries. En se liant à d'autres minéraux, il forme une couche protectrice sur la dent encore plus solide que l'émail originel, ce qui empêche les acides de la dissoudre.

Toutefois, il a aussi été constaté qu'une exposition trop importante aux composés fluorés peut entraîner des maladies dentaires ou osseuses comme la fluorose dentaire qui se traduit par l'apparition de taches sur les dents. Le terme « fluor » utilisé ici est employé pour les ions fluorure F^- .



Doc. 1 Préparation de l'eau pour le dosage

Une eau de consommation possède naturellement une certaine teneur en fluor, ainsi que d'autres minéraux. Ceux-ci sont donc susceptibles d'interférer lors du dosage : il est donc impératif d'isoler le fluor.

Pour cela, on ajoute de l'acide chlorhydrique dans l'eau pour abaisser le pH jusqu'à atteindre une valeur de 1,5. Puis la solution est chauffée à 25 °C en récupérant le gaz formé.

Ce gaz est mis à barboter dans de l'eau distillée jusqu'à sa dissolution complète et on abaisse à nouveau le pH à 1,5 par ajout d'acide chlorhydrique.

Toutes ces manipulations doivent être effectuées avec une verrerie en matière plastique, car l'acide fluorhydrique $HF(aq)$ formé peut réagir avec le verre.

Données

- **pK_A du couple $HF(aq)/F^-(aq)$:** $pK_A = 3,2$
- **Températures d'ébullition :** $\theta_{vap}(HF) = 19,5\text{ °C}$, $\theta_{vap}(HCl) = 48\text{ °C}$, $\theta_{vap}(HNO_3) = 121\text{ °C}$ et $\theta_{vap}(H_2SO_4) = 337\text{ °C}$
- **Masses molaires atomiques :** $M(H) = 1,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(F) = 19,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Doc. 2 Composition d'une eau du robinet

Minéralisation moyenne en ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Calcium	Ca^{2+}	176
Magnésium	Mg^{2+}	46
Sodium	Na^+	28
Potassium	K^+	5
Sulfate	SO_4^{2-}	372
Biocarbonates	HCO_3^-	312
Chlorure	Cl^-	37
Fluorure	F^-	1,3
Nitrate	NO_3^-	< 0,5

Résidu à sec à 180 °C : $859\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ $pH = 7,2$

Questions

1. Manipulations préliminaires au dosage

- 1.1 Expliquer, à l'aide d'un diagramme de prédominance, la conséquence du passage à $pH = 1,5$ pour les ions fluorure $F^-(aq)$.
- 1.2 À l'aide des données sur les températures d'ébullition, justifier le choix d'une température de 25 °C pour le chauffage.
- 1.3 Déterminer la composition théorique de l'eau obtenue après barbotage.

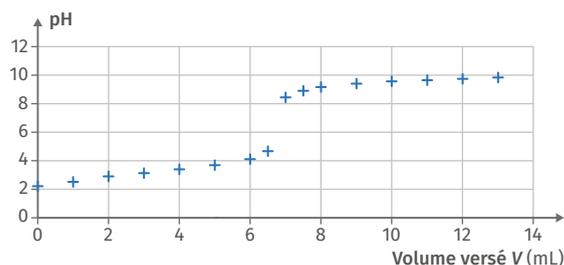
Coups de pouce

- 1.1 Placer le pH de la solution et le pK_A du couple $HF(aq)/F^-(aq)$ sur le diagramme de prédominance.
- 1.2 Après passage à $pH = 1,5$, identifier la forme des espèces (acide ou basique). À 25 °C, repérer le seul acide à devenir gazeux à l'aide des données fournies.
- 1.3 Faire le bilan des espèces en solution.

**Doc. 3** Courbe de dosage

On réalise le dosage de l'acide fluorhydrique HF(aq) présent dans l'eau distillée. La solution titrée possède un volume $V_A = 100,0$ mL. Le réactif titrant est une solution d'hydroxyde de sodium (Na⁺(aq) ; HO⁻(aq)) de concentration $c_B = 1,00 \times 10^{-3}$ mol·L⁻¹.

On effectue un suivi pH-métrique du titrage dont les relevés de mesures sont représentés sous forme de graphique $\text{pH} = f(V)$

**Questions**

- 2. Suivi pH-métrique du dosage du fluor dans l'eau**
- 2.1** Écrire l'équation de la réaction support de ce titrage.
- 2.2** Déterminer graphiquement le volume à l'équivalence V_E en expliquant la méthode utilisée.
- 2.3** En déduire que la concentration en acide fluorhydrique est $c_A = 6,83 \times 10^{-5}$ mol·L⁻¹.
- 2.4** Justifier que cette concentration est égale à celle des ions fluorure dans l'eau minérale de départ.
- 2.5** Retrouver la concentration en masse des ions fluorure dans l'eau minérale et la comparer avec celle indiquée sur l'étiquette.

Coups de pouce

- 2.1** Faire un bilan des espèces chimiques présentes dans la solution.
- 2.2** Pour le volume à l'équivalence, repérer la forte variation de pH.
- 2.3** Retrouver la concentration indiquée à partir des quantités de matière introduites à l'équivalence.
- 2.4** Justifier la réponse à partir du protocole utilisé.
- 2.5** Convertir la concentration trouvée en (g·L⁻¹) et reprendre le **doc. 2**.

Doc. 4 Recommandations médicales

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la dose journalière admissible DJA de fluor est de 0,050 mg·kg⁻¹. Il a aussi été montré que, dans le cadre d'une bonne hygiène bucco-dentaire, le point essentiel est un brossage efficace et régulier (trois fois par jour) des dents avec ou sans dentifrice. Ce dernier n'est qu'un complément permettant d'enlever plus facilement la plaque dentaire ou d'éviter la mauvaise haleine.

En moyenne, un tube de dentifrice de 100 g contient 100 mg de fluor.



World Health Organization

Questions

- 3. Fluor au quotidien**
- 3.1** Calculer la masse maximale admissible de fluor pour un enfant de 20 kg et pour un adulte de 80 kg.
- 3.2** Si l'on utilise 1 g de dentifrice à chaque brossage et que l'on boit 1,5 L de l'eau minérale étudiée en amont, calculer la masse de fluor consommé quotidiennement.
- 3.3** Conclure quant à l'utilisation du dentifrice et de l'eau utilisée pour le brossage de dents d'une famille.

Coups de pouce

- 3.1** La quantité optimale journalière de fluor par kg étant connue, remonter à la masse maximale admissible pour les deux cas.
- 3.2** Calculer la masse de fluor correspondant à 1 g de dentifrice et 1,5 L d'eau potable.
- 3.3** Comparer les masses trouvées dans les questions **3.1** et **3.2**.