

TP N°5 de Chimie Spécialité :

Détermination du taux alcalimétrique complet (T.A.C.) d'une eau de commerce

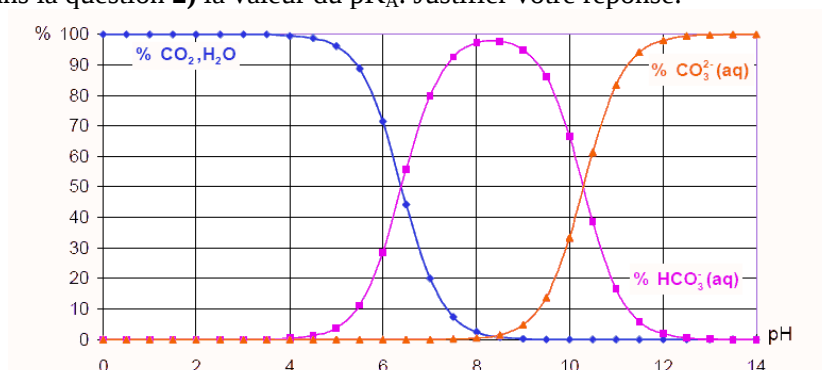
Objectifs : Réaliser un titrage pH-métrique et un titrage colorimétrique pour déterminer la quantité d'ions hydrogénocarbonates dans une eau de commerce.

Les propriétés gustatives et curatives d'une eau minérale sont directement liées à leur composition. L'un des ions les plus couramment cité sur l'étiquette des bouteilles est l'ion **hydrogénocarbonate** HCO_3^- souvent appelé **bicarbonate**. Sa concentration massique peut varier suivant l'origine de l'eau, ce qui influe directement sur son pH.

Les bicarbonates sont des substances extrêmement utiles pour l'aquariophilie car ils permettent de s'opposer aux **variations brutales du pH**, néfastes aux poissons. Les **propriétés tampons** des bicarbonates sont aussi utilisées pour lutter contre nos aigreurs d'estomac.

I. Propriétés de l'ion hydrogénocarbonate

- 1) L'ion hydrogénocarbonate est une espèce ampholyte (ou un amphotère). Que signifie ce terme ?
- 2) Donner les deux couples acido-basiques auxquels il appartient.
- 3) Écrire les deux équations de réaction possibles entre l'ion hydrogénocarbonate et l'eau.
- 4) À partir du diagramme de distribution des espèces donné ci-dessous, déterminer pour chaque couple acido-basique donné dans la question 2) la valeur du pK_A . Justifier votre réponse.



- 5) Écrire la relation entre pH, pK_{A2} (du couple où l'ion hydrogénocarbonate est l'acide), $[\text{HCO}_3^-]_{\text{éq}}$ et $[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{éq}}$ qui correspondent aux concentrations respectives des ions hydrogénocarbonates et carbonates à l'équilibre.
- 6) Pour un pH = 8,3 déterminer la valeur du rapport $\frac{[\text{HCO}_3^-]_{\text{éq}}}{[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{éq}}}$
- 7) Justifier l'affirmation "Pour un pH < 8,3 l'eau ne contient pratiquement pas d'ions carbonate"
- 8) Établir un diagramme de prédominance des espèces.
- 9) À l'aide du diagramme de distribution des espèces, déterminer dans quel domaine de pH l'espèce $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ représente-t-elle plus de 99% des espèces chimiques de ces couples ?
- 10) À l'aide du diagramme de distribution des espèces, déterminer dans quel domaine de pH l'espèce CO_3^{2-} représente-t-elle plus de 99% des espèces chimiques de ces couples ?

II. Choix de la solution titrante pour le titrage des ions hydrogénocarbonate

L'ion hydrogénocarbonate étant un amphotère, on peut donc a priori utiliser soit une solution basique soit une solution acide pour titrer cet ion.

Les questions suivantes et les réponses aux questions du I.1) vont vous permettre de choisir la solution titrante adéquate pour déterminer la concentration en ions hydrogénocarbonates dans l'eau d'Évian®.

1) Solution titrante basique : la soude

- a) Écrire l'équation la réaction entre les ions hydrogénocarbonate et les ions hydroxyde $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ apportés par la soude.
- b) En utilisant le diagramme de distribution des espèces précédents, déterminer l'ordre de grandeur de la valeur du pH à l'équivalence. Justifier la réponse.

2) Solution titrante acide : l'acide chlorhydrique

- a) Écrire l'équation la réaction entre les ions hydrogénocarbonate et les ions oxonium $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}$ apportés par l'acide chlorhydrique.
- b) En utilisant le diagramme de distribution des espèces précédents, déterminer l'ordre de grandeur de la valeur du pH à l'équivalence. Justifier la réponse.

3) Bilan

Indicateur coloré	Zone de virage	Couleur de la forme acide	Couleur de la forme basique
Hélianthine	3,1 – 4,5	Rouge	Jaune
Vert de Bromocrésol	3,8 – 5,4	Jaune	Bleu
Bleu de Bromothymol	6,0 – 7,6	Jaune	Bleu
Phénolphthaléine	8,2 – 10,0	Incolore	Rose

Les indicateurs colorés usuels du lycée permettent-ils de titrer les ions hydrogénocarbonate par une solution titrante basique (soude) ou par une solution titrante acide (acide chlorhydrique) ?

III. Titrage pH – métrique des ions hydrogénocarbonate

- *Étalonner le pH-mètre à l'aide des solutions mises à votre disposition.*
- *Prélever $V = 30,0$ mL d'eau d'Évian[®], l'introduire dans un bécher de 150 mL.*
- *Choisir la solution titrante et préparer le montage nécessaire pour titrer les ions hydrogénocarbonate contenus dans l'eau d'Évian[®].*
- *Appeler le professeur pour valider votre montage.*
- *Mesurer la valeur du pH initial de la solution et la noter sur votre compte – rendu.*
- *Réaliser le titrage pH-métrique, relever le pH pour chaque ajout V' de solution titrante et tracer directement la courbe $pH = f(V')$.*
- *Construire avec soin le point équivalent et noter ses coordonnées sur votre compte – rendu.*

- 1) Noter les coordonnées du point équivalent E sur votre compte – rendu.
- 2) Parmi les indicateurs colorés cités ci-dessus, quel est celui qui convient ? Pourquoi ? Quelle sera sa couleur à l'équivalence ?

IV. Titrage colorimétrique des ions hydrogénocarbonate

- *À partir de la réponse à la question précédente, réaliser deux titrages colorimétriques (un grossier et un autre précis) d'un volume $V = 30,0$ mL d'eau d'Évian[®].*

Noter les coordonnées du point équivalent E' sur votre compte – rendu.

V. Exploitation des titrages

- 1) Comparer les valeurs des volumes équivalents déterminés par les deux méthodes de titrage ?
- 2) En vous aidant d'un tableau d'avancement (que vous n'indiquerez pas sur votre compte-rendu), déterminer la quantité de matière $n(\text{HCO}_3^-)$ en ions hydrogénocarbonate contenue dans $V = 30,0$ mL d'eau d'Évian[®].
- 3) Déterminer alors la concentration molaire $[\text{HCO}_3^-]$ en ions hydrogénocarbonate contenue dans 1,0 L d'eau d'Évian[®].
- 4) En déduire la concentration massique $t_{\text{HCO}_3^-}$ exprimée en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ d'ions hydrogénocarbonate contenue dans 1,0 L d'eau d'Évian[®].
- 5) Reporter sur votre compte – rendu la valeur de la concentration massique en ions hydrogénocarbonate contenue dans 1,0 L d'eau d'Évian[®].
- 6) Conclure.

Dans les activités se rapportant au traitement des eaux, il est fait appel à des échelles spécifiques pour exprimer les concentrations en ions carbonate et en ions hydrogénocarbonate: les "titres alcalimétriques":

- **Titre Alcalimétrique (T.A.)** : c'est le volume d'acide (en mL) à $0,020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ d'ions H_3O^+ nécessaire pour doser 100mL d'eau en présence de phénolphthaléine"

- **Titre Alcalimétrique Complet (T.A.C.)** : c'est le volume d'acide (en mL) à $0,020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ d'ions H_3O^+ nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence de Vert de Bromocrésol.

- 7) À partir de la mesure du pH initial de l'eau en déduire la valeur de la concentration en ion hydroxyde HO^- présent dans l'eau d'Évian[®]. En déduire que la concentration des ions hydroxyde est négligeable devant celle des ions hydrogénocarbonate.
- 8) Sur le diagramme de prédominance indiquer le pH de l'eau dosée, indiquer également la zone de virage de la phénolphthaléine.
Quels sont les ions titrés lors de la détermination du T.A.? Que vaut le T.A de l'eau d'Évian[®] ?
- 9) Quel est l'ion majoritaire titré lors de la détermination du T.A.C. ? Calculer le T.A.C. de l'eau d'Évian[®].

Données : Produit ionique de l'eau à la température du laboratoire : $K_e = 10^{-14}$

$M(\text{H}) = 1,01 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$M(\text{O}) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$