

EXERCICE III : ANALYSE D'UNE EAU MINÉRALE ? (5 points)

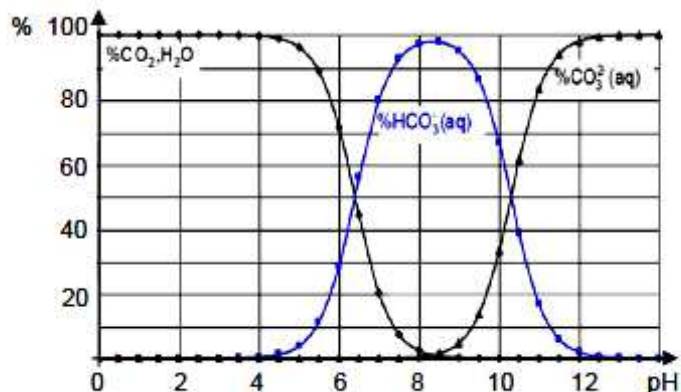
Questions préalables

1. Le diagramme de distribution ci-contre montre que lorsque le pH est inférieur à 8,2 :

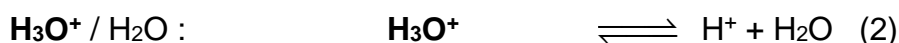
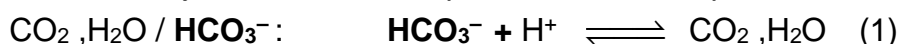
- le pourcentage en ions carbonate CO_3^{2-} (courbe noire avec des triangles noirs) est nul.
- le pourcentage en ions hydrogénocarbonate HCO_3^- (courbe bleue) est non nul, du moins tant que le pH reste supérieur à 4.

Par ailleurs, le pK_{a2} du couple $\text{HCO}_3^- / \text{CO}_3^{2-}$ est $pK_{a2} = 10,3$ donc pour une eau dont le pH est inférieur à 8,2 c'est bien l'ion HCO_3^- qui prédomine.

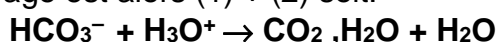
Ceci justifie l'affirmation : « On détermine le TAC si le pH d'une eau est inférieur à 8,2 car dans ce cas, l'eau contient pratiquement et uniquement des ions et ne contient pratiquement pas d'ions carbonate CO_3^{2-} ».



2. Les ions HCO_3^- sont titrés par les ions oxonium H_3O^+ de l'acide chlorhydrique. Les couples acide-base mis en jeu et les demi-équations acidobasiques sont donc :

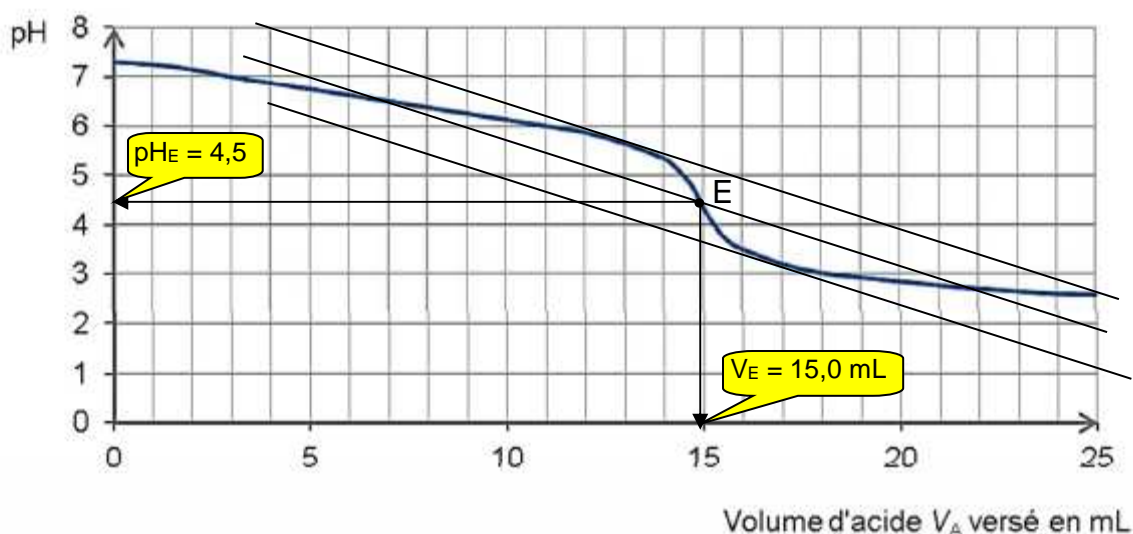


L'équation de la réaction du titrage est alors (1) + (2) soit:



Le vert de bromocrésol rhodamine est un indicateur coloré dont la zone de virage est comprise entre $\text{pH} = 3,5$ et $\text{pH} = 5,4$. Cet indicateur coloré convient pour le titrage si le pH à l'équivalence du titrage appartient à la zone de virage de l'indicateur.

Déterminons graphiquement le point équivalent E du titrage à l'aide de la méthode des tangentes parallèles : <http://labolycee.org/anim/methode-tangente.swf>



$\text{pH}_E = 4,5$: le pH à l'équivalence appartient bien à la zone de virage de l'indicateur. Le vert de bromocrésol rhodamine est bien un indicateur coloré adapté au titrage des ions hydrogénocarbonate.

Remarque : pendant tout le titrage, le pH est bien inférieur à 8,2.

Problème

Question 1: Quelle est l'eau minérale analysée ?

Pour répondre à la question 1, il faut :

- Étape 1 : déterminer la concentration molaire puis la concentration massique en ions HCO_3^- à partir de la courbe de titrage ;
- Étape 2 : comparer la valeur trouvée à celles indiquées dans le tableau des eaux minérales.

Étape 1 :

- Le volume V_E d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence est : $V_E = 15,0 \text{ mL}$.
- À l'équivalence du titrage, les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de l'équation de titrage : $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

$$\text{Soit : } \frac{n_0(\text{HCO}_3^-)}{1} = \frac{n_E(\text{H}_3\text{O}^+)}{1}$$

$$\text{donc } [\text{HCO}_3^-] \cdot V = C_A \cdot V_E$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{C_A \cdot V_E}{V}$$

$$\text{soit } [\text{HCO}_3^-] = \frac{0,0200 \times 15,0}{50,0} = 6,00 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.$$

La concentration massique en ions HCO_3^- est donc :

$$t(\text{HCO}_3^-) = [\text{HCO}_3^-] \cdot M$$

$$t(\text{HCO}_3^-) = 6,00 \times 10^{-3} \times 61,0 = 0,366 \text{ g.L}^{-1} = 366 \text{ mg.L}^{-1}.$$

Étape 2 :

- Parmi les eaux minérales proposées, **l'eau d'Evian** a la concentration massique en ions HCO_3^- la plus proche avec 357 mg.L^{-1} .
 - Cette concentration est donnée à 5 % près donc la concentration en ions HCO_3^- dans l'eau d'Evian est comprise entre $357 - \frac{5 \times 357}{100} = 339 \text{ mg.L}^{-1}$ et $357 + \frac{5 \times 357}{100} = 375 \text{ mg.L}^{-1}$.
- La valeur 366 mg.L^{-1} trouvée grâce au titrage est bien comprise entre 339 et 375 mg.L^{-1} .

Question 2 : Celle-ci satisfait-elle au critère de potabilité imposé à l'eau du robinet ?

Pour répondre à la question 2, il faut :

- Étape 1 : déterminer le TAC de l'eau minérale étudiée ;
- Étape 2 : le comparer à la valeur 50°f et conclure.

Étape 1 :

- Par définition : « Le TAC, exprimé en degrés français ($^\circ\text{f}$), est la valeur du volume d'acide (exprimée en mL) à une concentration molaire $C_A = 0,0200 \text{ mol.L}^{-1}$ en ions oxonium H_3O^+ nécessaire pour doser 100,0 mL d'eau en présence de vert de bromocrésol rhodamine ».
- Or on a dosé 50,0 mL d'eau minérale et obtenu un volume équivalent $V_E = 15,0 \text{ mL}$.
En dosant un volume de 100,0 mL d'eau minérale avec la même solution d'acide chlorhydrique, on aurait obtenu un volume équivalent égal à 30,0 mL. Le TAC de l'eau minérale est donc de **30°f** .

Autre méthode : 1°f correspond à $12,2 \text{ mg.L}^{-1}$ d'ions HCO_3^- donc pour une concentration massique de 366 mg.L^{-1} on a un TAC de : $\frac{366 \times 1}{12,2} = 30^\circ\text{f}$.

Étape 2 :

- Comme le TAC de l'eau minérale est inférieur à 50°f , cette eau minérale est potable selon le critère de potabilité choisi.

Une proposition de grille d'évaluation :

<http://labolycee.org/2015/2015-Polynesie-Spe-Exo3-Correction-EauMineraleTAC.xlsx>