

Exercice I – 5 points
Analyse d'une eau

Le goût n'est pas suffisant pour connaître avec précision la concentration d'une espèce dissoute dans une eau de boisson. Les normes (en particulier les critères de potabilité) imposent la détermination précise de la concentration de nombreuses espèces chimiques dissoutes dans les eaux, comme par exemple celle des ions hydrogénocarbonate présents dans une eau minérale. Le travail du chimiste dans l'analyse des eaux n'est pas seulement qualitatif, il est surtout quantitatif.

L'objectif de ce problème est de savoir si l'eau minérale analysée par un technicien chimiste répond à un des critères de potabilité imposés à l'eau du robinet.

Les eaux minérales

Les eaux minérales sont des eaux de source qui présentent des propriétés particulières : elles contiennent des minéraux et des oligo-éléments qui peuvent leur conférer certaines vertus thérapeutiques. En France, une eau ne peut être qualifiée de « minérale » que si elle a été reconnue par l'Académie Nationale de Médecine.

Cependant, les eaux minérales n'obéissent pas aux normes de potabilité des eaux du robinet ou des eaux de source.

Une eau minérale ne respecte donc pas forcément les critères d'une eau potable.

Une eau minérale n'en est pas pour autant impropre à la consommation. Ses qualités thérapeutiques proviennent même de sa forte minéralisation.

Concentration massique en mg.L ⁻¹ de quelques ions dans une eau minérale (précision à 5 %)	Contrex	Évian	Courmayeur	Volvic
Sodium Na ⁺	9,1	5	1	9,4
Calcium Ca ²⁺	486	78	517	9,9
Magnésium Mg ²⁺	84	24	67	6,1
Hydrogénocarbonate HCO ₃ ⁻	403	357	168	65,3

D'après les sites www.coursdeau.com/junior, www.doctissimo.fr et www.wikipédia.org

Données :

- Titre alcalimétrique et titre alcalimétrique complet

Dans les eaux minérales destinées à l'alimentation, l'alcalinité (synonyme de basicité) est principalement due à la présence d'ions carbonate CO_3^{2-} et hydrogencarbonate HCO_3^- .

L'alcalinité d'une eau est déterminée à l'aide de titrages réalisés avec un acide fort. Par convention, on exprime cette alcalinité par le Titre Alcalimétrique (TA) et par le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) ; ces deux titres sont exprimés en degré français ($^\circ\text{f}$).

Le TA d'une eau permet de connaître la teneur d'une eau en ions carbonate et en bases fortes grâce à un titrage en présence de phénolphtaléine.

Le TAC permet de connaître la teneur d'une eau en bases fortes, en ions carbonate et hydrogencarbonate grâce à un titrage en présence de vert de bromocrésol rhodamine.

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.

Le TAC peut être déterminé aisément dans le cas d'une eau minérale dont le pH est inférieur à 8,2 car, dans ce cas, l'eau contient uniquement comme bases des ions HCO_3^- et ne contient pratiquement pas d'ions carbonate CO_3^{2-} . Pour cette eau, une valeur de TAC d'un degré français (1°f) équivaut alors à $12,2 \text{ mg.L}^{-1}$ d'ions hydrogencarbonate (HCO_3^-).

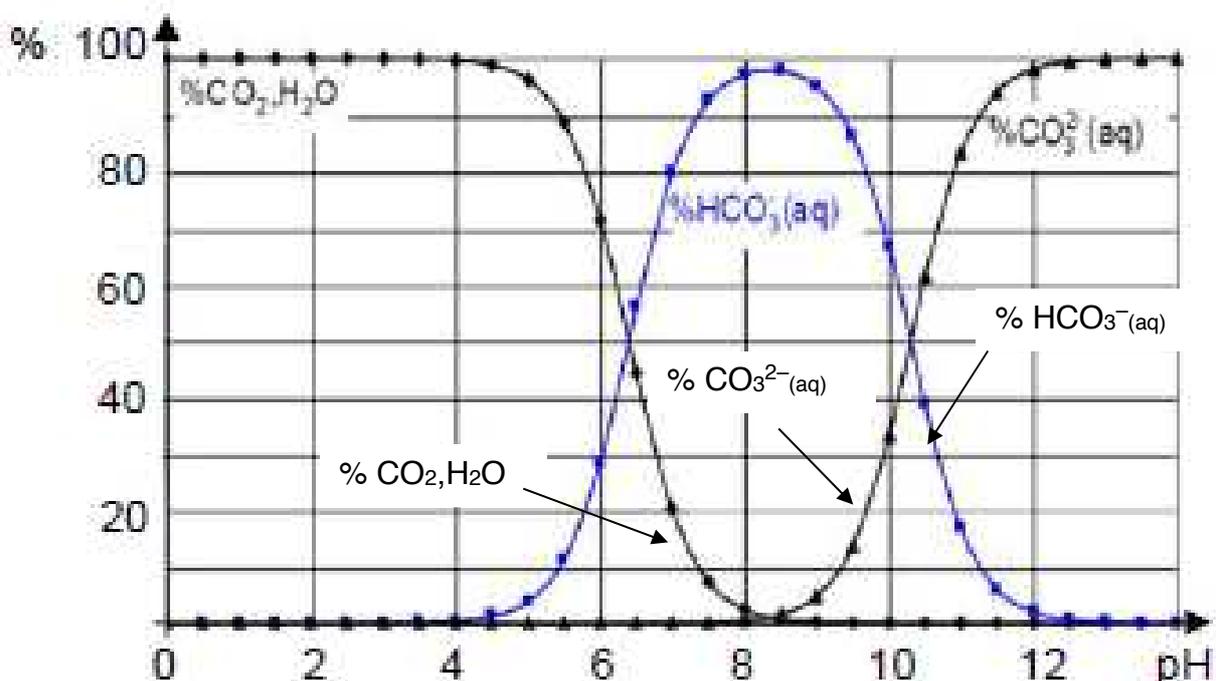
Le TAC doit être inférieur à 50°f pour une eau potable.

- Masse molaire des ions hydrogencarbonate HCO_3^- : $M = 61,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- Diagramme de distribution, en fonction du pH, des différentes espèces chimiques des couples acide/base dans lesquels sont engagés les ions hydrogencarbonate et carbonate

Couples acido-basiques et pK_a :

$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}_{(\text{aq})} / \text{HCO}_3^-_{(\text{aq})}$	$pK_{a1} = 6,4$
$\text{HCO}_3^-_{(\text{aq})} / \text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$	$pK_{a2} = 10,3$



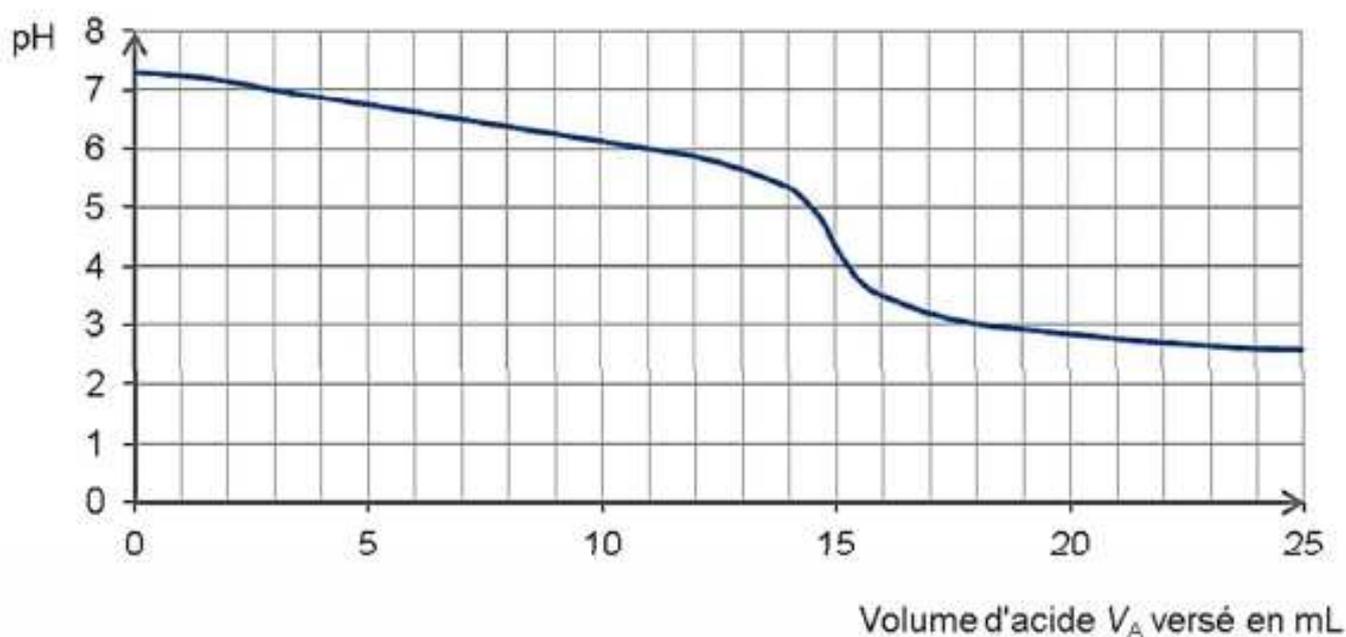
- Zone de virages de quelques indicateurs colorés

Indicateur coloré	Couleur		Zone de virage	Largeur de la zone de virage
	Forme acide	Forme basique		
Bleu de bromophénol	Jaune	Bleu	3,1 - 4,5	2,4
Vert de bromocrésol rhodamine	Jaune	Bleu	3,8 - 5,4	1,6
Bleu de bromothymol	Jaune	Bleu	6,0 - 7,6	1,6
Phénolphtaléine	Incolore	Rose	8,2 - 10,0	1,8

- Analyse de l'eau minérale réalisée par le technicien chimiste

Le titrage a été effectué sur un échantillon prélevé de volume $V = 50,0$ mL d'eau minérale à étudier. Cet échantillon a été titré par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_A = 0,0200$ mol.L⁻¹ en ions H₃O⁺.

Le suivi par pHmétrie de ce titrage a amené le technicien chimiste à tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume d'acide versé $pH = f(V_A)$ sur le graphe ci-dessous.



Questions préalables

1. Justifier, à l'aide des données et des connaissances acquises, l'affirmation qui figure dans les données sur le TAC :

« 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 HCO₃⁻ et ne contient pratiquement pas d'ions carbonate CO₃²⁻ ».

2. Écrire l'équation de la réaction du titrage réalisé par le technicien et justifier le choix du vert de bromocrésol rhodamine comme indicateur coloré pour doser les ions hydrogénocarbonate dans cette eau.

Problème

Quelle est l'eau minérale analysée ? Celle-ci satisfait-elle au critère de potabilité imposé à l'eau du robinet ?

L'analyse des données ainsi que la démarche suivie sont évaluées et nécessitent d'être correctement présentées.

Grille Exercice I – 5 points
Analyse d'une eau

NOM :			NOTE sur 20 : 0			
	Coeff.	Indicateurs de réussite correspondant au niveau A	A	B	C	D
S'approprier - Extraire l'information utile - Mobiliser ses connaissances - Se questionner	1	APP 1. $\text{pH} < \text{pKa}_2$ ou courbes, $[\text{CO}_3^{2-}] < [\text{HCO}_3^-]$				
	1	APP 2. équation de la réaction du titrage : $\text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$				
	1	APP 2. Choix du vert de bromocrésol rhodamine : $\text{pH}_E = 4,5$ compris dans zone virage $3,5 < \text{pH} < 5,4$				
Analyser - Identifier les paramètres influant un phénomène - Organiser et exploiter ses connaissances ou les informations extraites	1	ANA Il faut déterminer la concentration en HCO_3^- de l'eau inconnue et la comparer à celle du tableau				
	1	ANA Potable ? Il faut déterminer TAC et le comparer à 50 °f				
	1	ANA $V_E = 15,0\text{ mL}$				
	1	ANA Lien entre le TAC et la concentration massique en HCO_3^-				
Réaliser - Effectuer des calculs littéraux ou numériques - Répondre explicitement à la problématique	1	REA Formules & calculs jusqu'à la concentration molaire $[\text{HCO}_3^-] = 6 \cdot 10^{-3}\text{ mol/L}$				
	1	REA Conversion mol/L en g/L jusqu'à la concentration massique de 366 mg/L				
	1	REA Conclusion : l'eau inconnue est l'Évian, 357 mg/L compatible à $\pm 5\%$, calculé				
	1	REA Conclusion : cette eau est potable, car $30\text{ °f} < 50\text{ °f}$				

A	B	C	D
0	0	0	0