

Énoncé

Exercice sur 9 points

L'acide ascorbique, couramment appelé « vitamine C », intervient dans de nombreux processus métaboliques dans le corps humain.

Comme l'organisme ne peut ni la synthétiser ni la stocker, les apports en vitamine C doivent se faire par l'alimentation.

Les kiwis jaunes et les kiwis verts font partie des fruits les plus riches en acide ascorbique. L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation recommande un apport minimum en vitamine C de 110 mg par jour pour un adulte.

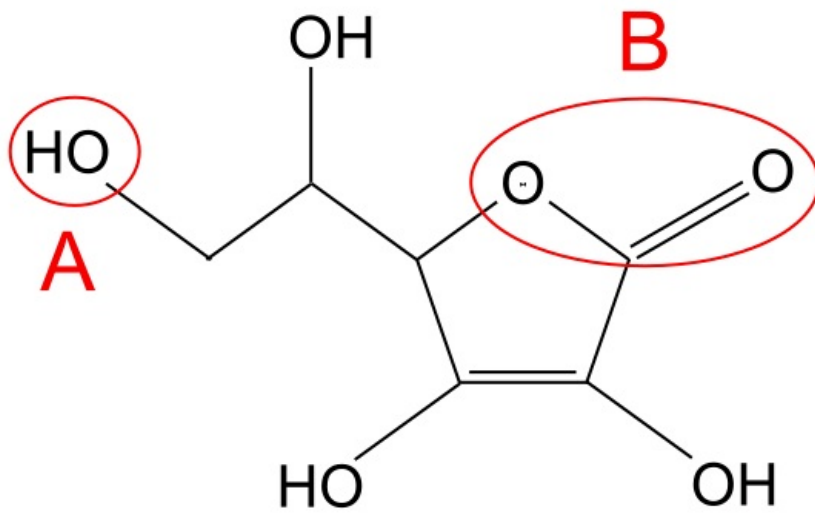
L'objectif de cet exercice est d'étudier les propriétés de l'acide ascorbique et de déterminer la quantité de kiwis nécessaire aux besoins journaliers d'un adulte en vitamine C.



Shutterstock/© AleksandraN

Données :

- formule brute de l'acide ascorbique : $C_6H_8O_6$;
- formule topologique de l'acide ascorbique (ci-dessous) ;
- masse molaire de l'acide ascorbique : $M = 176 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$;
- couple acide/base associé à l'acide ascorbique : $C_6H_8O_6 \text{ (aq)} / C_6H_7O_6^- \text{ (aq)}$;
- concentration standard : $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;



• données de spectroscopie infrarouge :

Liaison	O-H	C-H	C=C	C=O
Nombre d'ondes (en cm^{-1})	3 200 – 3 700	2 850 – 3 100	1 620 – 1 680	1 650 – 1 730
Allure de la bande caractéristique	Forte et large	Forte	Faible et fine	Forte et fine

1. Quelques propriétés de l'acide ascorbique

Q1. Représenter la formule semi-développée de l'acide ascorbique puis nommer les familles fonctionnelles associées aux groupes A et B entourés sur la formule topologique.

Observez la représentation de la molécule. Chaque groupe entouré appartient à une famille fonctionnelle différente. Attention à ne pas les assimiler aux groupes fonctionnels.

Q2. Justifier que le spectre infrarouge de la figure 1 est compatible avec la structure de l'acide ascorbique.

Les groupes fonctionnels de l'acide ascorbique donnent des bandes caractéristiques particulières dans le spectre infrarouge donné.

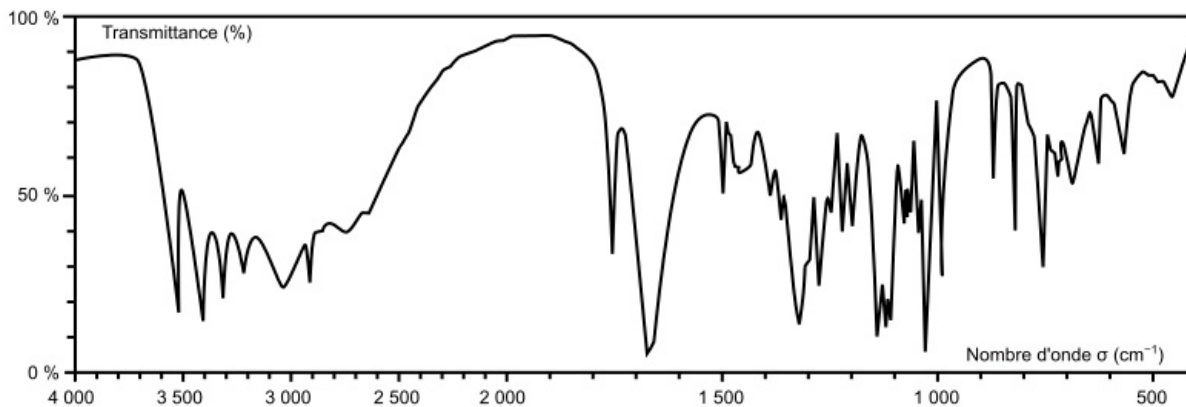


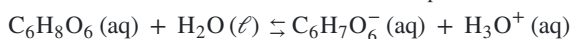
Figure 1. Spectre infrarouge de l'acide ascorbique

Pour étudier les propriétés acido-basiques de la vitamine C, on dissout 1 g d'acide ascorbique commercial dans une fiole jaugée de 50 mL puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La mesure du pH de la solution donne $\text{pH} = 2,6$.

Q3. Déterminer la quantité de matière initiale n_0 d'acide ascorbique introduite dans la fiole jaugée.

Utilisez la relation donnant la quantité de matière en fonction de la masse et de la masse molaire moléculaire.

La transformation entre l'acide ascorbique et l'eau est modélisée par la réaction d'équation :



Q4. Donner la définition d'un acide faible.

C'est la définition au sens d'acide de Bronsted.

Q5. Montrer que l'acide ascorbique est un acide faible dans l'eau.

Raisonnez par l'absurde : si l'acide ascorbique était un acide fort, une solution d'acide ascorbique aurait un pH particulier. Pour cela, il faut au préalable calculer la concentration de l'acide ascorbique.

Q6. Donner l'expression de la constante d'acidité K_A du couple associé à l'acide ascorbique en fonction des concentrations $[C_6H_8O_6]$, $[C_6H_7O_6^-]$, $[H_3O^+]$ à l'équilibre et de la concentration standard c° , puis montrer que la valeur du pK_A est proche de 4,2.

La constante d'acidité K_A est celle associée à la transformation chimique modélisée par la réaction donnée. On sait que $pK_A = -\log(K_A)$. Utilisez les propriétés mathématiques de la fonction logarithme.

2. Acide ascorbique dans un kiwi jaune

Pour déterminer la concentration en acide ascorbique d'un kiwi jaune, on le mixe jusqu'à en obtenir du jus dont le pH est de 3,5.

Q7. Déterminer l'espèce acide-base prédominante associée à l'acide ascorbique présente dans le jus d'un kiwi jaune.

Déterminez le diagramme de prédominance du couple acide ascorbique/ion ascorbate.

La quantité d'acide ascorbique présente dans un kiwi jaune est déterminée à l'aide d'un dosage par excès. Le principe de ce dosage est le suivant :

- on met le jus de kiwi en présence d'une quantité connue de diiode I_2 . Seul l'acide ascorbique réagit avec le diiode, introduit en excès ;
- on détermine ensuite par titrage la quantité de diiode restant ;
- on en déduit alors la quantité d'acide ascorbique dans le kiwi jaune.

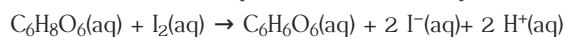
Protocole du dosage

- Étape 1 : réaction de l'acide ascorbique avec le diiode :

Introduire la totalité du jus d'un kiwi jaune mixé dans une fiole jaugée de 250 mL, puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On appelle S la solution ainsi obtenue.

Introduire dans un erlenmeyer un volume $V = 50$ mL de la solution S, ainsi qu'un volume $V_1 = 20$ mL d'une solution aqueuse de diiode I_2 à la concentration $C_1 = 2,9 \times 10^{-2}$ mol·L⁻¹.

Cette transformation peut être modélisée par la réaction de l'équation suivante :



- Étape 2 : titrage du diiode restant par les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$:

Titrer le contenu de l'erlenmeyer préparé lors de l'étape 1 par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 5 \times 10^{-2}$ mol·L⁻¹, en présence d'un indicateur coloré spécifique au diiode.

On obtient un volume à l'équivalence $V_2 = 16,5$ mL.

La transformation mise en jeu lors du titrage peut être modélisée par la réaction d'équation suivante :



Q8. En exploitant le résultat du titrage, montrer que la quantité de matière de diiode dosé lors de l'étape 2 est égale à $4,13 \times 10^{-4}$ mol.

À l'équivalence d'un titrage, le réactif titré et le réactif titrant ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation de titrage.

Q9. Après avoir calculé la masse d'acide ascorbique contenue dans un kiwi jaune, déterminer combien il faudrait en manger pour satisfaire les besoins journaliers en acide ascorbique d'un adulte.

Il faut d'abord déterminer la quantité d'acide ascorbique dans un kiwi jaune. Puis il faut la comparer à la DJA en acide ascorbique pour un adulte.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.

Le même dosage est réalisé avec un kiwi vert de même masse. On obtient un nouveau volume à l'équivalence pour le titrage du diiode restant $V_2' = 19,7$ mL.

Q10. Expliquer sans calcul si le kiwi vert contient plus ou moins d'acide ascorbique que le kiwi jaune.

On réalise un titrage indirect de la quantité de diiode qui n'a pas réagi avec l'acide ascorbique.

3. Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

L'acide ascorbique est un réducteur, ce qui conditionne sa conservation à l'air libre. Dans cette partie, pour des raisons pratiques, on étudie ses propriétés réductrices en le faisant réagir avec du bleu de méthylène.

Au contact du bleu de méthylène, noté BM^+ , l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ contenu dans le jus de kiwi se transforme en un nouveau composé de formule brute $C_6H_6O_6$.

Données :

- couple oxydant/réducteur associé à l'acide ascorbique : $C_6H_6O_6(aq)/C_6H_8O_6(aq)$;
- couple oxydant/réducteur associé au bleu de méthylène : $BM^+(aq)/BMH(aq)$.

Q11. À l'aide des demi-équations électroniques de chacun des couples mis en jeu, établir l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu entre l'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ et le bleu de méthylène BM^+ .

Les demi-équations électroniques sont écrites pour chaque couple d'oxydoréduction. Puis on combine les deux pour obtenir l'équation de la réaction modélisant la transformation chimique.

On réalise le suivi cinétique de cette réaction à deux températures différentes. Après traitement des résultats, on trace sur la figure 2 l'évolution temporelle de la concentration C_{ASC} de l'acide ascorbique, pour les deux températures choisies.

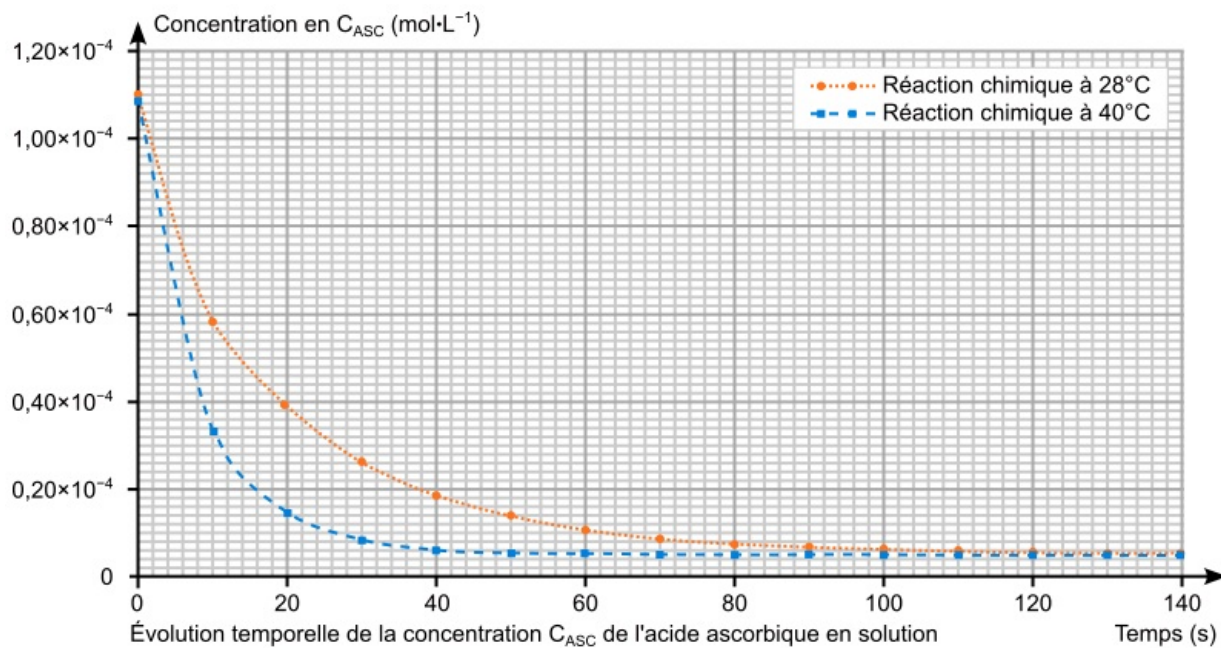


Figure 2. Évolution temporelle de la concentration C_{ASC} de l'acide ascorbique en solution

Q12. Exprimer la vitesse volumique de disparition de l'acide ascorbique en fonction de C_{ASC} puis déterminer sa valeur à l'instant initial à la température de 28°C .

La définition de la vitesse volumique représente l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe donnant l'évolution de la concentration en réactif au cours du temps.

Q13. En utilisant les courbes de la figure 2, identifier en justifiant deux facteurs cinétiques de la réaction entre l'acide ascorbique et le bleu de méthylène.

Les deux facteurs cinétiques sont liés aux deux courbes d'une part et à l'évolution de la courbe.