La tomate, un fruit plein de ressources

Bac 2026 Métropole J2 Secours · Exercice 1 **9 points** **Durée conseillée 1 h 35**

Q1 Donner deux arguments en faveur de l'utilisation de l'acétate d'éthyle comme solvant d'extraction du lycopène de la tomate.

Données utiles tableau des solvants : solubilité du lycopène, miscibilité avec l'eau, pictogrammes de sécurité

- Le lycopène est **très soluble** dans l'acétate d'éthyle, alors qu'il est très peu soluble dans l'eau : il passe donc dans ce solvant.
- L'acétate d'éthyle est **faiblement miscible avec l'eau** : on obtient deux phases, séparables dans l'ampoule à décanter.

Solvant d'extraction adapté : lycopène très soluble dans l'acétate d'éthyle, et solvant non miscible avec l'eau.

COMPRENDRE
Le dichlorométhane remplit aussi ces deux critères, mais son pictogramme « danger pour la santé » le rend plus dangereux que l'acétate d'éthyle (inflammable et irritant). C'est un troisième argument recevable.

Q2 Réaliser le schéma de l'ampoule à décanter après décantation, indiquer les positions relatives des phases organique et aqueuse et préciser dans quelle phase se situe le lycopène.

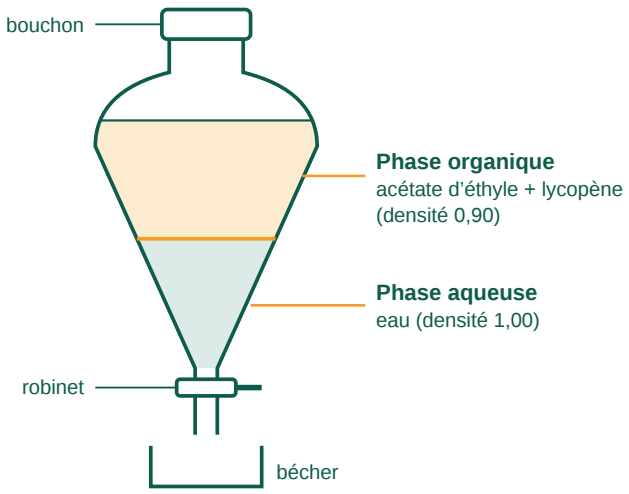
Données utiles densité de l'acétate d'éthyle : 0,90 ; densité de l'eau : 1,00

L'acétate d'éthyle est moins dense que l'eau ($0{,}90 < 1{,}00$) : la phase organique surnage, la phase aqueuse est en dessous.

Le lycopène, très soluble dans l'acétate d'éthyle et très peu dans l'eau, se trouve dans la phase organique.

Phase organique (acétate d'éthyle + lycopène) **au-dessus**, phase aqueuse **en dessous**.

PIÈGE
La phase organique n'est pas toujours en haut : c'est la densité qui décide. Avec le dichlorométhane (densité 1,33), elle serait en bas. Il faut citer la comparaison des densités.



Q2 · Ampoule à décanter après décantation

Q3 Justifier la couleur jaune de la solution S_0.

Données utiles figure 1 : spectre de S_0 ; cercle chromatique

Le spectre de S_0 présente un maximum d'absorption vers $\lambda_{max} \approx 440\ \text{nm}$: la solution absorbe surtout les radiations violettes (entre 400 et 450 nm).

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, diamétralement opposée sur le cercle chromatique : à l'opposé du violet se trouve le jaune.

S_0 absorbe le violet ($\lambda_{max} \approx 440$ nm) : elle apparaît de la couleur complémentaire, **jaune**.

PIÈGE
Dire que la solution « absorbe le jaune » est le contresens classique : la solution a la couleur des radiations qu'elle n'absorbe pas.

Q4 En utilisant la loi de Beer-Lambert, montrer que la concentration en lycopène dans la solution S_1 est proche de $C_1 = 0{,}95 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données utiles $C_0 = 1{,}8 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; figure 1, à $\lambda = 440$ nm : $A_0 \approx 1{,}13$ et $A_1 \approx 0{,}60$

Loi de Beer-Lambert : $A = k\,C$, où k est le même pour les deux solutions (même espèce, même longueur d'onde, même cuve).

À $\lambda = 440$ nm, on lit $A_0 \approx 1{,}13$ pour S_0 et $A_1 \approx 0{,}60$ pour S_1.

$$\frac{A_1}{A_0} = \frac{C_1}{C_0} \text{ donc } C_1 = C_0 \times \frac{A_1}{A_0}$$

$$C_1 = 1{,}8 \times 10^{-5} \times \frac{0{,}60}{1{,}13} = 9{,}6 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$C_1 \approx 0{,}96 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, proche de la valeur attendue $0{,}95 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_0 et les absorbances lues. Une lecture $A_1 = 0{,}61$ ou $A_0 = 1{,}14$ donne un résultat tout aussi acceptable : c'est pourquoi l'énoncé dit « proche de ».

MÉTHODE
Lire les deux absorbances à la même longueur d'onde, celle du maximum d'absorption : la lecture y est la plus précise. Le rapport des absorbances évite de calculer k.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$\frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.60}{1.13} \approx 9.557522 \times 10^{-6}$$

Q5 En déduire la masse de lycopène extraite. Commenter, sachant que 100 g de tomate fraîche contiennent quelques milligrammes de lycopène.

Données utiles $C_1 = 0{,}95 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q4) ; $V_1 = 100\ \text{mL}$; $M_{\text{lycopène}} = 536\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; 25 g de tomate fraîche

Tout le lycopène extrait se trouve dans les $V_1 = 100\ \text{mL}$ de solution S_1 :

$$m = n \times M = C_1 \times V_1 \times M_{\text{lycopène}}$$

$$m = 0{,}95 \times 10^{-5} \times 0{,}100 \times 536 = 5{,}1 \times 10^{-4}\ \text{g}$$

Cette masse provient de 25 g de tomate. Pour 100 g : $5{,}1 \times 10^{-4} \times \frac{100}{25} = 2{,}0 \times 10^{-3}$ g, soit environ 2 mg.

Ce résultat est cohérent avec « quelques milligrammes » pour 100 g : l'extraction a récupéré l'essentiel du lycopène.

$m = 5{,}1 \times 10^{-4}\ \text{g} \approx 0{,}51\ \text{mg}$ pour 25 g de tomate, soit environ 2 mg pour 100 g : cohérent.

PIÈGE
Le volume à utiliser est celui de la fiole jaugée (100 mL, à convertir en litres), pas les 75 mL d'acétate d'éthyle versés au départ.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$$0.95 \times 10^{-5} \times 0.100 \times 536 \approx 5.092 \times 10^{-4}$$

$$\frac{5.092 \times 10^{-4} \times 100}{25} \approx 0.0020368$$

Q6 Nommer les familles chimiques associées aux groupes caractéristiques A et B entourés sur la figure 2.

Le groupe A, $-COO-CH_3$, est un groupe ester ; le groupe B, $-COOH$, est un groupe carboxyle.

A : famille des **esters** ; B : famille des **acides carboxyliques**.

PIÈGE
Pour B, répondre « alcool » ou « cétone » est faux : $C=O$ et $O-H$ sont portés par le même carbone.

Q7 Choisir la catégorie de réaction correspondant à l'équation de la figure 2 parmi : substitution, élimination ou addition. Justifier.

Dans l'espèce (1), le groupe $-OCH_3$ lié au carbone du groupe $C=O$ est remplacé par le groupe $-OH$ dans l'espèce (2). Un groupe d'atomes en remplace un autre ; il y a deux réactifs et deux produits.

Il s'agit d'une réaction de **substitution**.

MÉTHODE
Addition : deux réactifs donnent un seul produit, une liaison multiple disparaît. Élimination : un réactif donne deux produits, une liaison multiple apparaît. Substitution : un groupe en remplace un autre, sans changement des liaisons multiples.

Q8 Expliquer en quoi la comparaison des spectres IR du réactif (1) et du produit obtenu, isolé après purification et séchage, permettrait de vérifier que la synthèse a bien eu lieu.

Données utiles table IR : $O-H$ entre 3200 et 3700 cm^{-1}, bande forte et large ; $C=O$ entre 1650 et 1730 cm^{-1}

Les espèces (1) et (2) possèdent toutes deux des liaisons $C-H$, $C=C$ et $C=O$: ces bandes figurent sur les deux spectres.

Seule l'espèce (2) possède une liaison $O-H$: son spectre présente une bande forte et large entre 3200 et 3700 cm^{-1}, absente du spectre de l'espèce (1).

L'apparition d'une bande forte et large entre 3200 et 3700 cm^{-1} (liaison $O-H$) dans le spectre du produit prouve la formation de l'espèce (2).

COMPRENDRE
Le produit doit être purifié et séché : l'eau et le méthanol possèdent aussi une liaison $O-H$ et fausseraient la conclusion s'il en restait.

Q9 Écrire les deux demi-équations électroniques et les deux couples oxydant-réducteur mis en jeu dans la « réaction modèle ».

Couple $I_2(aq) / I^-(aq)$: $2\,I^-(aq) = I_2(aq) + 2\,e^-$

Couple $S_2O_8^{2-}(aq) / SO_4^{2-}(aq)$: $S_2O_8^{2-}(aq) + 2\,e^- = 2\,SO_4^{2-}(aq)$

Couples I_2 / I^- et $S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-}$; deux électrons échangés.

MÉTHODE
Un couple s'écrit toujours oxydant / réducteur. Vérifier chaque demi-équation : conservation des éléments, puis des charges (ici -2 de chaque côté pour la première, -4 pour la seconde).

Q10 Justifier que les ions peroxodisulfate jouent le même rôle que les radicaux libres lors de la transformation chimique.

D'après la demi-équation, l'ion $S_2O_8^{2-}$ capte des électrons, cédés par les ions iodure : c'est l'oxydant de la réaction modèle, il oxyde I^- en I_2.

Les radicaux libres sont eux aussi des oxydants, qui dégradent les molécules des cellules.

Les ions peroxodisulfate sont l'**oxydant** de la réaction, comme les radicaux libres dans l'organisme.

COMPRENDRE
Dans ce modèle, les ions iodure tiennent le rôle des molécules des cellules : ce sont eux qui sont oxydés.

Q11 Définir le temps de demi-réaction noté $t_{1/2}$.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

COMPRENDRE
La transformation est totale et $S_2O_8^{2-}$ est limitant : à $t_{1/2}$, la moitié des ions peroxodisulfate a été consommée, leur concentration est divisée par deux.

Q12 Déterminer graphiquement la valeur du temps de demi-réaction.

Données utiles figure 3 : $[S_2O_8^{2-}]_0 \approx 2{,}83\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$; concentration finale nulle

La concentration des ions peroxodisulfate tend vers zéro : à $t_{1/2}$, elle vaut la moitié de sa valeur initiale.

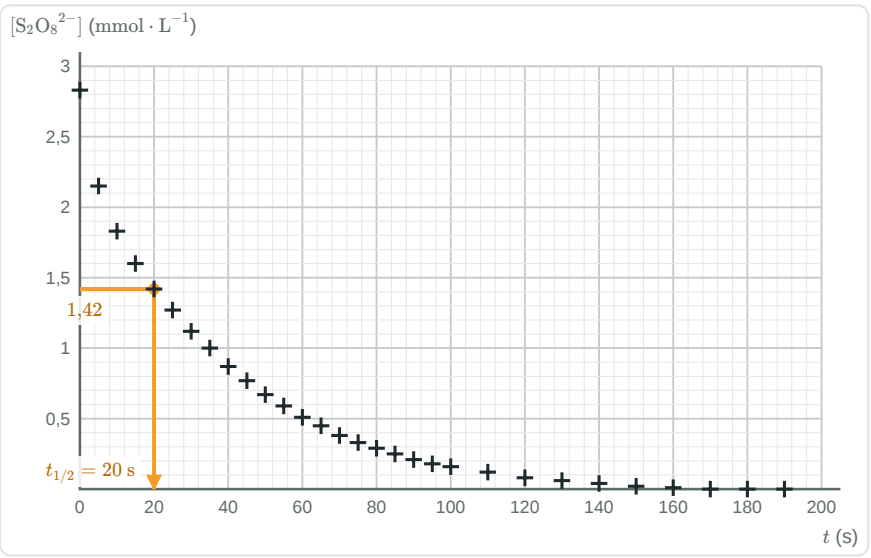
$$\frac{[S_2O_8^{2-}]_0}{2} = \frac{2{,}83}{2} \approx 1{,}42\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Sur la figure 3, cette concentration est atteinte à la date $t = 20$ s.

$t_{1/2} \approx 20$ s

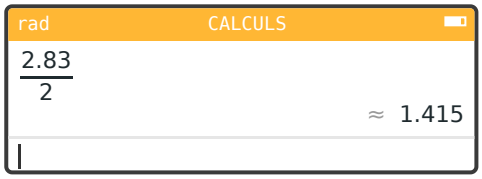
COMPRENDRE
La valeur initiale se retrouve par la dilution : $0{,}017 \times 5{,}0 \div 30 = 2{,}8 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, le volume du mélange étant de 30 mL.

MÉTHODE
Tracer l'horizontale à la moitié de la valeur initiale jusqu'à la courbe, puis descendre verticalement jusqu'à l'axe des temps. Les traits de construction doivent figurer sur la copie.



Q12 · Points relevés sur la figure 3 et lecture de $t_{1/2}$

À LA CALCULATRICE



Q13 Définir la vitesse volumique de disparition des ions peroxodisulfate.

La vitesse volumique de disparition des ions peroxodisulfate est l'opposé de la dérivée par rapport au temps de leur concentration :

$$v_{\text{disp}}(t) = -\frac{\text{d}[S_2O_8^{2-}]}{\text{d}t}, \text{ en } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

PIÈGE
Oublier le signe « − » : la concentration d'un réactif diminue, sa dérivée est négative, et une vitesse est positive.

Q14 Discuter la compatibilité des résultats présentés en figure 4 avec le modèle d'une réaction dont la cinétique est d'ordre 1.

Données utiles figure 4 : par exemple $v \approx 2{,}55 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ pour une concentration de $1{,}0 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Pour une réaction d'ordre 1 par rapport aux ions peroxodisulfate, la vitesse de disparition est proportionnelle à leur concentration : $v = k\,[\text{S}_2\text{O}_8^{2-}]$. Le graphique de v en fonction de la concentration doit être une droite passant par l'origine.

Sur la figure 4, les points sont à peu près alignés sur une droite passant par l'origine, de coefficient directeur $k = \dfrac{2{,}55 \times 10^{-5}}{1{,}0 \times 10^{-3}} \approx 2{,}6 \times 10^{-2}\ \text{s}^{-1}$.

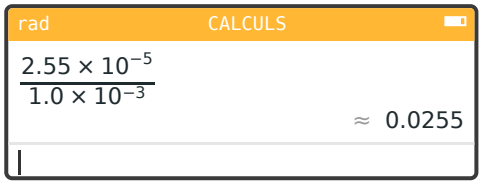
Seuls les points de plus forte concentration (tout début de la réaction) s'écartent au-dessus de cette droite.

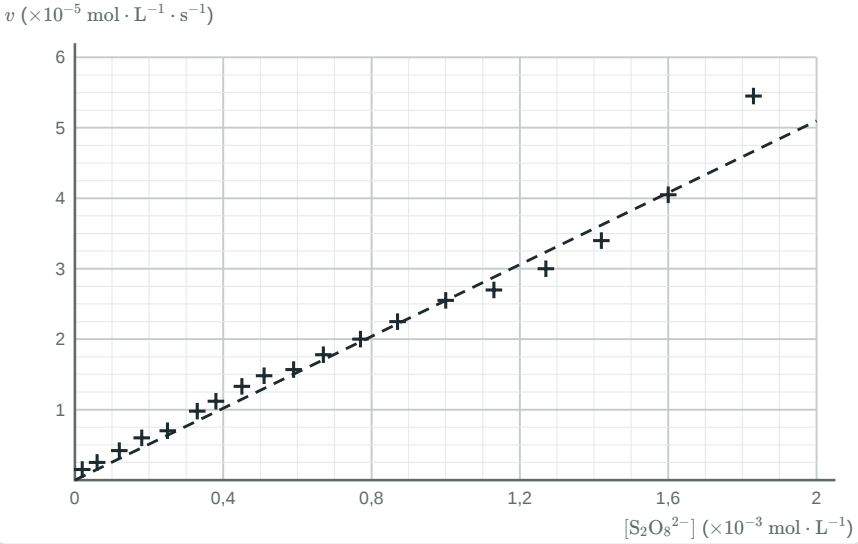
Résultats **compatibles** avec une cinétique d'ordre 1 (v proportionnelle à la concentration, $k \approx 2{,}6 \times 10^{-2}\ \text{s}^{-1}$), sauf aux tout premiers instants.

COMPRENDRE

« Discuter » appelle une réponse nuancée : énoncer le critère du modèle, dire ce qui s'accorde avec lui, puis ce qui s'en écarte.

À LA CALCULATRICE





Q14 · Points relevés sur la figure 4 et droite passant par l'origine

Q15 Expliquer qualitativement la présence d'un palier au début des courbes associées aux expériences B, C et D.

Données utiles figure 5 : paliers d'environ 5 s (B), 25 s (C) et 60 s (D)

Pendant le palier, la concentration en diiode reste nulle : les ions iodure ne sont pas oxydés.

Les solutions B, C et D contiennent de l'eau de tomate, donc des antioxydants (lycopène). Les ions peroxodisulfate réagissent d'abord avec ces antioxydants ; le diiode n'apparaît qu'une fois les antioxydants consommés.

Le palier est d'autant plus long que le volume d'eau de tomate est grand (B, puis C, puis D).

Palier : durée pendant laquelle les ions peroxodisulfate sont consommés par les antioxydants de la tomate, et non par les ions iodure.

Q16 Déterminer le réactif limitant de la « réaction modèle » dans l'étude menée avec la solution A.

Données utiles $\mathrm{I^-}$: $C = 1{,}0\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$, $5{,}0\ \mathrm{mL}$; $\mathrm{S_2O_8^{2-}}$: $0{,}017\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$, $V = 5{,}0\ \mathrm{mL}$

Quantités initiales :

$n_i(\mathrm{I^-}) = 1{,}0 \times 5{,}0 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol}$

$n_i(\mathrm{S_2O_8^{2-}}) = 0{,}017 \times 5{,}0 \times 10^{-3} = 8{,}5 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$

D'après l'équation, il faut 2 mol de $\mathrm{I^-}$ pour 1 mol de $\mathrm{S_2O_8^{2-}}$:

$$\frac{n_i(\mathrm{I^-})}{2} = 2{,}5 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol} > \frac{n_i(\mathrm{S_2O_8^{2-}})}{1} = 8{,}5 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$$

Le réactif limitant est l'ion **peroxodisulfate** $\mathrm{S_2O_8^{2-}}$; $x_{\max} = 8{,}5 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$.

PIÈGE
Comparer directement les quantités initiales sans diviser par les nombres stœchiométriques. Ici la conclusion serait la même, mais le raisonnement serait sanctionné.

COMPRENDRE
La figure 3 le confirme : la concentration en ions peroxodisulfate s'annule en fin de réaction.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.0 \times 5.0 \times 10^{-3}$ ≈ 0.005

$0.017 \times 5.0 \times 10^{-3}$ ≈ 8.5×10^{-5}

$\frac{5.0 \times 10^{-3}}{2}$ ≈ 0.0025

Q17 Retrouver, par le calcul, la valeur finale de la concentration en diiode de l'expérience avec la solution A.

Données utiles $x_{\max} = 8{,}5 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$ (Q16) ; volume du mélange : $5{,}0 + 20{,}0 + 5{,}0 = 30{,}0\ \mathrm{mL}$

La transformation est totale : $n_f(\mathrm{I_2}) = x_{\max} = n_i(\mathrm{S_2O_8^{2-}}) = 8{,}5 \times 10^{-5}\ \mathrm{mol}$.

Volume du mélange : $V_{\mathrm{tot}} = 5{,}0 + 20{,}0 + 5{,}0 = 30{,}0\ \mathrm{mL}$.

$$[\mathrm{I_2}]_f = \frac{x_{\max}}{V_{\mathrm{tot}}} = \frac{8{,}5 \times 10^{-5}}{30{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}8 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$$

$[\mathrm{I_2}]_f = 2{,}8 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$, en accord avec le palier de la courbe A ($\approx 0{,}0028\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$).

PIÈGE
Diviser par 5,0 mL au lieu du volume total : après mélange, les espèces sont diluées dans 30,0 mL.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{8.5 \times 10^{-5}}{30.0 \times 10^{-3}}$ ≈ 0.002833333

Q18 Comparer graphiquement les concentrations finales de diiode des expériences B, C et D à celle de l'expérience A. Commenter au regard de la quantité d'eau de tomate utilisée.

Données utiles figure 5, paliers finaux en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: A $\approx 2{,}83$; B $\approx 2{,}56$; C $\approx 2{,}24$; D $\approx 1{,}62$

Lecture des concentrations finales : $[\text{I}_2]_A \approx 2{,}83$; $[\text{I}_2]_B \approx 2{,}56$; $[\text{I}_2]_C \approx 2{,}24$; $[\text{I}_2]_D \approx 1{,}62$ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Les concentrations finales de B, C et D sont inférieures à celle de A, et d'autant plus faibles que le volume d'eau de tomate est grand (5,0 ; 10,0 ; 20,0 mL).

Écarts avec A : $0{,}27$; $0{,}59$; $1{,}21$ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Ils doublent à peu près quand le volume d'eau de tomate double.

Une partie des ions peroxodisulfate, réactif limitant, est consommée par les antioxydants de la tomate : il en reste moins pour oxyder les ions iodure.

$[\text{I}_2]_D < [\text{I}_2]_C < [\text{I}_2]_B < [\text{I}_2]_A$: plus il y a d'eau de tomate, moins il se forme de diiode.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

2.83 − 2.56 ≈ 0.27

2.83 − 2.24 ≈ 0.59

2.83 − 1.62 ≈ 1.21

Q19 À partir du graphique, déterminer la quantité de matière d'ions peroxodisulfate ayant réagi avec le lycopène pour la solution D.

Données utiles $[\text{I}_2]_A \approx 2{,}83 \times 10^{-3}$ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $[\text{I}_2]_D \approx 1{,}62 \times 10^{-3}$ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (Q18) ; $V_{\text{tot}} = 30{,}0$ mL

Dans les expériences A et D, la quantité initiale d'ions peroxodisulfate et le volume total (30,0 mL) sont les mêmes.

D'après l'équation, 1 mol de $\text{S}_2\text{O}_8{}^{2-}$ qui réagit avec les ions iodure forme 1 mol de I_2. Le diiode manquant dans l'expérience D par rapport à A correspond donc aux ions peroxodisulfate qui ont réagi avec le lycopène :

$$n = ([\text{I}_2]_A - [\text{I}_2]_D) \times V_{\text{tot}}$$

$$n = (2{,}83 \times 10^{-3} - 1{,}62 \times 10^{-3}) \times 30{,}0 \times 10^{-3} = 3{,}6 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$n \approx 3{,}6 \times 10^{-5}$ mol d'ions peroxodisulfate ont réagi avec le lycopène dans la solution D.

MÉTHODE

Vérification par un bilan : quantité initiale moins quantité ayant formé du diiode, soit $8{,}5 \times 10^{-5} - 1{,}62 \times 10^{-3} \times 30{,}0 \times 10^{-3}$. On retrouve la même valeur (seconde ligne de calculatrice).

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

(2.83 × 10⁻³ − 1.62 × 10⁻³) × 30.0 × 10⁻³ ≈ 3.63 × 10⁻⁵

8.5 × 10⁻⁵ − 1.62 × 10⁻³ × 30.0 × 10⁻³ ≈ 3.64 × 10⁻⁵

Q20 Le lycopène est vendu sous forme de compléments alimentaires pour son pouvoir antioxydant. En analysant les résultats obtenus, justifier cet argument de vente.

Données utiles $n = 3{,}6 \times 10^{-5}$ mol (Q19) ; $n_i(S_2O_8^{2-}) = 8{,}5 \times 10^{-5}$ mol (Q16) ; figure 5

Dans le modèle, les ions peroxodisulfate représentent les radicaux libres (oxydants) et les ions iodure représentent les molécules des cellules, qui sont oxydées.

Les résultats montrent deux effets de l'eau de tomate :

- un retard : pendant le palier initial (jusqu'à 60 s environ pour D), aucun ion iodure n'est oxydé, car l'oxydant réagit d'abord avec le lycopène ;
- une oxydation finale moins importante : dans l'expérience D, la fraction d'oxydant neutralisée par le lycopène vaut $\dfrac{3{,}6 \times 10^{-5}}{8{,}5 \times 10^{-5}} \approx 0{,}43$, soit environ 43 %.

Ces deux effets augmentent avec la quantité d'eau de tomate, donc de lycopène.

Par analogie, dans l'organisme, le lycopène réagit avec les radicaux libres à la place des molécules des cellules : il retarde et limite leur dégradation, donc le vieillissement cellulaire.

Le lycopène consomme l'oxydant à la place de l'espèce à protéger (environ 43 % dans l'expérience D) : son pouvoir antioxydant est mis en évidence, ce qui justifie l'argument de vente.

COMPRENDRE

La réaction modèle reste une simplification : elle montre que le lycopène neutralise un oxydant en solution, pas ce qui se passe réellement dans l'organisme.

MÉTHODE

Question ouverte : rappeler ce que représente chaque espèce du modèle, citer des résultats chiffrés tirés des graphiques, puis conclure en revenant à la question posée.

À LA CALCULATRICE

