Fabrication de la bière

Bac 2023 Amérique du Nord Jour 2 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 48 min**

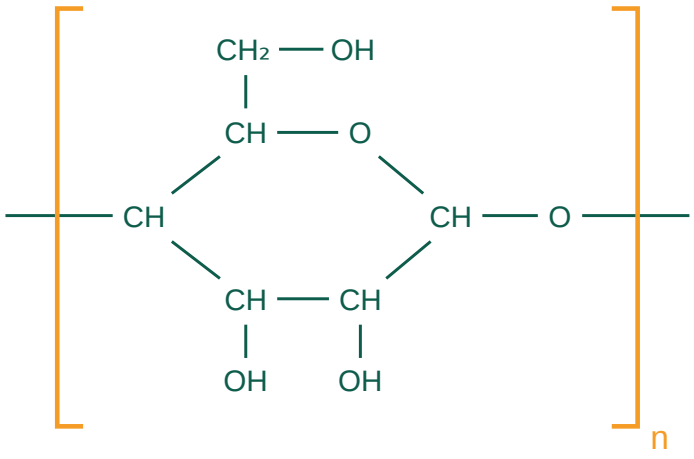
Q.1 À l'aide de la formule de l'amidon, identifier le motif de ce polymère.

Le motif est le plus petit groupe d'atomes qui se répète à l'identique le long de la chaîne. Dans la formule de l'amidon, le même cycle revient quatre fois, chaque cycle étant relié au suivant par un atome d'oxygène.

Le motif est un cycle (avec son groupe $-CH_2-OH$ et ses deux groupes $-OH$) suivi d'un seul atome d'oxygène de liaison : formule brute $C_6H_{10}O_5$.

PIÈGE
Entourer un cycle avec les deux atomes d'oxygène qui l'encadrent : cet oxygène serait compté deux fois. Le motif n'en contient qu'un, à gauche ou à droite.

COMPRENDRE
Le motif $C_6H_{10}O_5$ est le glucose $C_6H_{12}O_6$ privé de H_2O. L'hydrolyse fait l'inverse : chaque liaison rompue entre deux cycles consomme une molécule d'eau.



Q.1 · Motif de l'amidon, entre crochets : il se répète n fois le long de la chaîne

Q.2 Lors d'un contrôle, on mesure le pH. Vérifier que l'activité des enzymes est optimale.

Données utiles $\text{pH} = 5{,}6$; activité optimale pour $1{,}3 \times 10^{-6} \leqslant [H_3O^+] \leqslant 3{,}2 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Par définition du pH : $[H_3O^+] = c^\circ \times 10^{-\text{pH}}$ avec $c^\circ = 1\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

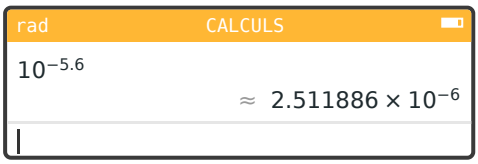
$$[H_3O^+] = 10^{-5{,}6} = 2{,}5 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Or $1{,}3 \times 10^{-6} < 2{,}5 \times 10^{-6} < 3{,}2 \times 10^{-6}$.

$[H_3O^+] = 2{,}5 \times 10^{-6}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est dans l'intervalle : l'activité des enzymes est optimale.

COMPRENDRE
Un pH donné avec un chiffre après la virgule conduit à une concentration à deux chiffres significatifs. Autre voie : convertir les bornes en pH, soit $5{,}5 \leqslant \text{pH} \leqslant 5{,}9$.

À LA CALCULATRICE



Q.3 Déterminer le volume maximal de dioxyde de carbone gazeux dégagé à la pression atmosphérique lors de la fermentation d'un volume $V = 1{,}0$ L de moût.

Données utiles $c_m = 92{,}7\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $V = 1{,}0$ L ; $\theta = 20\ ^\circ\text{C}$; $p_{atm} = 1{,}013\times10^5$ Pa ; $R = 8{,}314\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_H = 1{,}0$, $M_C = 12{,}0$, $M_O = 16{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Masse molaire du glucose : $M = 6\times12{,}0 + 12\times1{,}0 + 6\times16{,}0 = 180{,}0\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Quantité de glucose dans le moût : $n_g = \dfrac{c_m\times V}{M} = \dfrac{92{,}7\times1{,}0}{180{,}0} = 0{,}515$ mol.

La transformation est totale et, d'après l'équation, une mole de glucose donne deux moles de CO_2 : $n_{CO_2} = 2\,n_g = 1{,}03$ mol.

Gaz parfait : $p_{atm}\,V_{CO_2} = n_{CO_2}\,RT$ avec $T = 20 + 273 = 293$ K, donc

$$V_{CO_2} = \frac{n_{CO_2}\,RT}{p_{atm}} = \frac{1{,}03\times8{,}314\times293}{1{,}013\times10^5} = 2{,}5\times10^{-2}\ \text{m}^3$$

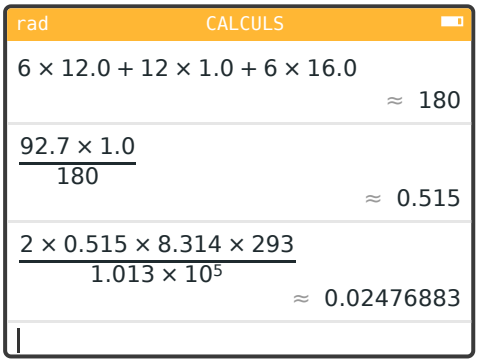
$V_{CO_2} = 2{,}5\times10^{-2}\ \text{m}^3 = 25\ \text{L}$

PIÈGE
Dans $pV = nRT$, la pression est en pascals, la température en kelvins et le volume sort en m^3 : $1\ \text{m}^3 = 10^3$ L. Ne pas oublier non plus le coefficient 2 devant CO_2.

COMPRENDRE
Le volume $V = 1{,}0$ L n'a que deux chiffres significatifs : le résultat s'écrit 25 L, et non 24,8 L.

MÉTHODE
Trois étapes : quantité du réactif ($n = c_m V/M$), quantité du produit grâce aux nombres stœchiométriques, puis volume du gaz par l'équation d'état.

À LA CALCULATRICE



Q.4 En réalité, le volume de gaz dégagé est de 22 L. Proposer une hypothèse permettant d'expliquer cette différence.

Données utiles $V_{CO_2} = 25$ L (Q.3)

Le volume mesuré (22 L) est inférieur au volume maximal calculé (25 L), obtenu en supposant la transformation totale.

Hypothèse : la transformation n'est pas totale, une partie du glucose n'a pas été transformée par la levure.

COMPRENDRE
Autre hypothèse recevable : une partie du CO_2 formé reste dissoute dans le liquide et ne se dégage pas. Une seule hypothèse, reliée à une supposition de l'énoncé, suffit.

Q.5 Vérifier que le spectre infrarouge obtenu peut correspondre au butanoate d'éthyle.

Le butanoate d'éthyle possède un groupe ester : il contient des liaisons C=O, C–O et C–H, mais aucune liaison O–H ni N–H.

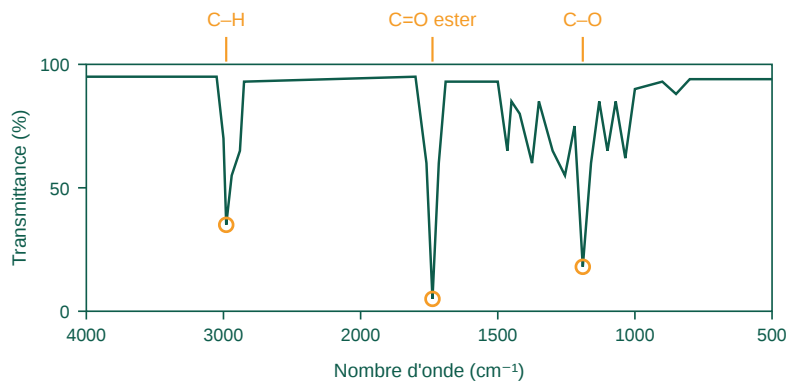
Sur le spectre :

- bande forte et fine vers $1740\ \text{cm}^{-1}$: liaison C=O d'un ester (1700 – $1740\ \text{cm}^{-1}$) ;
- bande forte vers $1200\ \text{cm}^{-1}$: liaison C–O (1040 – $1300\ \text{cm}^{-1}$) ;
- bande vers $3000\ \text{cm}^{-1}$: liaisons C–H (2800 – $3100\ \text{cm}^{-1}$) ;
- aucune bande large entre 3200 et $3700\ \text{cm}^{-1}$: pas de liaison O–H.

Les bandes observées sont celles des liaisons du butanoate d'éthyle : le spectre peut lui correspondre.

PIÈGE
Se contenter de citer la bande C=O sans donner le nombre d'onde lu sur le spectre ni l'intervalle de la table : la vérification doit être chiffrée.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons de la molécule, puis chercher chaque bande dans la table. L'absence d'une bande compte autant : ici, pas de bande O–H, donc ni alcool ni acide carboxylique.



Q.5 · Allure du spectre du sujet et bandes repérées

Q.6 Expliquer si ce spectre infrarouge suffit ou non pour affirmer que le composé isolé est le butanoate d'éthyle.

Un spectre infrarouge renseigne sur les liaisons présentes, donc sur les groupes caractéristiques, mais pas sur l'enchaînement des atomes de carbone. Un autre ester donnerait les mêmes bandes $\mathrm{C{=}O}$, $\mathrm{C{-}O}$ et $\mathrm{C{-}H}$.

De plus, dans la table, les intervalles se recouvrent : une bande $\mathrm{C{=}O}$ vers $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$ est aussi compatible avec un amide (1650 – $1740\ \mathrm{cm^{-1}}$).

Le spectre infrarouge ne suffit pas : il est compatible avec le butanoate d'éthyle, mais aussi avec d'autres molécules.

COMPRENDRE

Exemple : l'éthanoate de butyle, isomère de même formule brute $\mathrm{C_6H_{12}O_2}$, possède exactement les mêmes liaisons. Il faudrait une autre analyse pour trancher.