

Exercice 1 : L'acide lactique à la base de composés « verts » (10 points)

A. Étude du caractère acide de l'acide lactique.

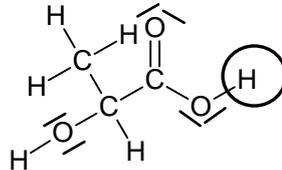
A.1. La chaîne carbonée comporte 3 atomes de carbone d'où « propan ».

La présence du groupe carboxyle COOH montre que cette molécule appartient à la famille des acides carboxyliques d'où « acide » et « oïque ». L'atome de carbone du COOH impose la numérotation, c'est l'atome de carbone n°1.

Un groupe hydroxyle OH est porté sur l'atome de carbone n°2 d'où « 2-hydroxy ».

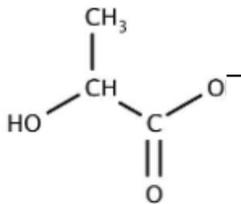
A.2.

Schéma de Lewis :



atome H responsable de l'acidité

A.3.

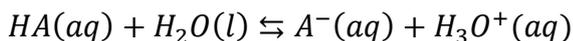
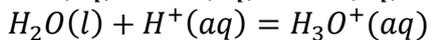
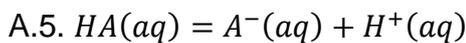


$10^{-6.4}$

$3.981071706E-7$

A.4. $[H_3O^+]_{\text{éq}} = 10^{-pH}$

$[H_3O^+]_{\text{éq}} = 10^{-6.4} = 4,0 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$



$$K_A = \frac{\frac{[H_3O^+]_{\text{éq}}}{c^0} \cdot \frac{[A^-]_{\text{éq}}}{c^0}}{\frac{[HA]_{\text{éq},1}}{c^0}} = \frac{[H_3O^+]_{\text{éq}} \cdot [A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$$

A.6. $K_A = \frac{[H_3O^+]_{\text{éq}} \cdot [A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}$

$$pK_A = -\log\left(\frac{[H_3O^+]_{\text{éq}} \cdot [A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) = -\left(\log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) + \log([H_3O^+]_{\text{éq}})\right) = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) + pH$$

$$-pH = -\log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) - pK_A$$

$$pH = \log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) + pK_A$$

A.7. $pH = \log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) + pK_A$

$$\log\left(\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}}\right) = pH - pK_A$$

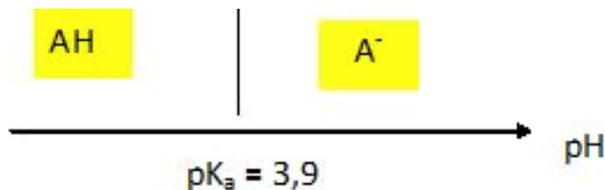
$$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}} = 10^{pH - pK_A}$$

$$\frac{[A^-]_{\text{éq}}}{[HA]_{\text{éq}}} = 10^{6,4 - 3,9} = 10^{2,5} = 3,2 \times 10^2$$

$$[A^-]_{\text{éq}} = 3,2 \times 10^2 [HA]_{\text{éq}}$$

On en déduit $[A^-]_{\text{éq}} > [HA]_{\text{éq}}$, la base prédomine A^- sur l'acide HA.

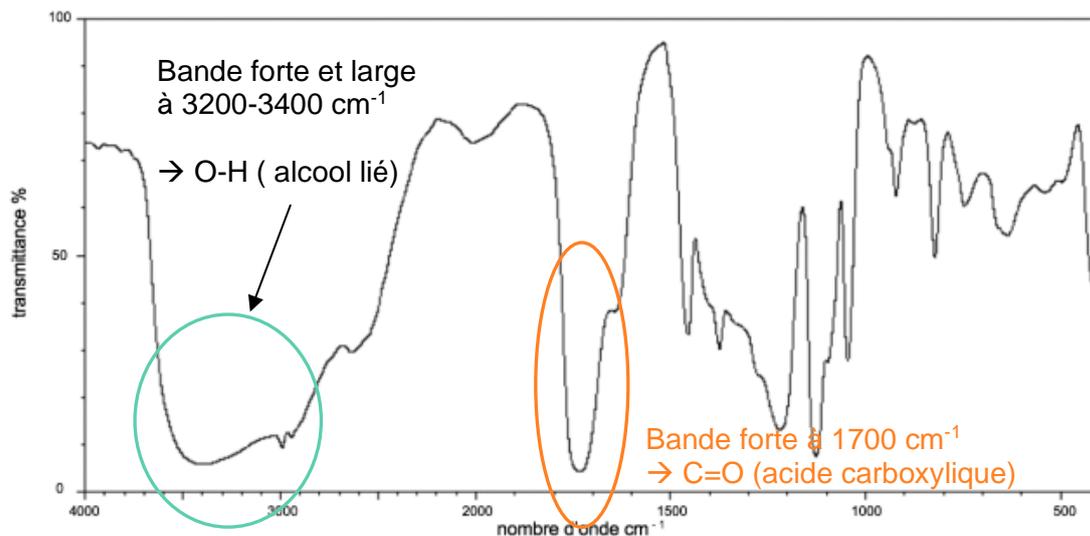
A.8.



A.9. HA prédomine pour un pH < 3,9 et A⁻ prédomine pour un pH > 3,9.

Ici, pH = 6,4 > 3,9 donc on vérifie bien que la base A⁻ prédomine.

A.10.



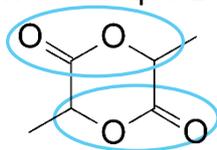
B. La synthèse du lactide.

B.1. On écrit l'équation avec des formules brutes : $2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_4 + 2 \text{B}$

Pour respecter la conservation de la matière, on a 2 B contient $12 - 8 = 4 \text{ H}$ et $6 - 4 = 2 \text{ O}$

On en déduit que $\text{B} = \text{H}_2\text{O}$

B.2.



B.3. On y trouve deux fonctions ester.

C. L'acide lactique : réactif de la synthèse du lactate d'éthyle

C.1. $n = \frac{m}{M}$

→ Éthanol $n_{\text{éthanol},i} = \frac{66,7}{46,0} = 1,45 \text{ mol}$

→ Acide lactique : $n_{\text{acide},i} = \frac{39,1}{90,0} = 0,434 \text{ mol}$

Les coefficients stœchiométriques de l'équation sont égaux à 1 et $n_{\text{éthanol}} > n_{\text{acide}}$ ainsi l'éthanol est bien en excès.

C.2. On formerait une quantité de matière de lactate d'éthyle égale à la quantité de matière initiale en réactif limitant. Soit, $n_{\text{lac}} = n_{\text{acide},i} = 0,434 \text{ mol}$

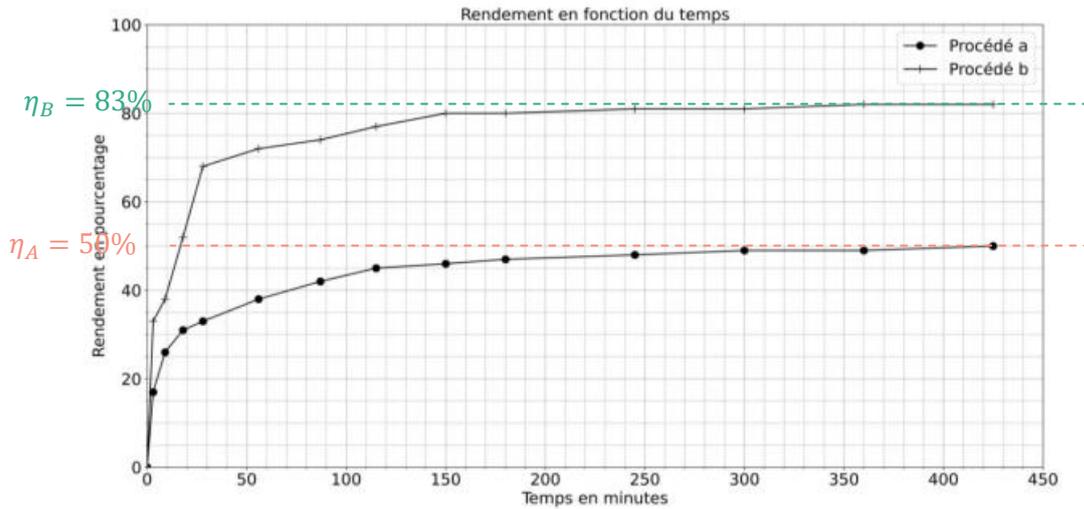
Or, $m_{\text{lac}} = n_{\text{lac}} \cdot M_{\text{lac}}$

$m_{\text{lac}} = 0,434 \times 118 = 51,3 \text{ g}$

$\frac{39,1}{90}$	
Rep*118	4.344444444E-1
	5.126444444E1

C.3. $\eta_A = 50\% < \eta_B = 83\%$.

Le procédé B permet d'obtenir un meilleur rendement.



$$C.4. Q_r = \frac{\frac{[Lactate\ d'\acute{e}thyle]_{[eau]}}{c^0}}{\frac{[acide\ lactique]_{[\acute{e}thanol]}}{c^0}} = \frac{[lactate\ d'\acute{e}thyle]_{[eau]}}{[acide\ lactique]_{[\acute{e}thanol]}}$$

Attention l'eau n'est pas le solvant

Elle doit apparaître dans Q_r .

C.5. Le lactate d'éthyle formé étant plus soluble dans le solvant ajouté que dans la phase de départ, on peut dire qu'il est extrait de la phase de départ au fur et à mesure de sa formation. Ainsi, $[lactate\ d'\acute{e}thyle]$ est nulle alors $Q_r = 0 < Q_{r,eq}$. On peut donc dire que l'on déplace l'équilibre dans le sens direct (gauche \rightarrow droite).

C.6. On calcule la quantité de matière de lactate d'éthyle correspondant à 80% de 28 millions de tonnes (28×10^6 tonnes = $28 \times 10^6 \times 10^3$ kg = 28×10^9 kg = 28×10^{12} g)

$$m_{lac} = 0,80 \times 28 \times 10^{12} \text{ g.}$$

$$n_{lac} = \frac{m_{lac}}{M_{lac}}$$

$$n_{lac} = \frac{0,80 \times 28 \times 10^{12}}{118} = 1,9 \times 10^{11} \text{ mol}$$

$$\frac{0.8 * 28E12}{118} = 1.898305085E11$$

Or, dans le procédé B le rendement est de 83%.

Autrement dit, seulement 83% du réactif limitant, l'acide lactique, sera réellement transformé en lactate d'éthyle.

$$\text{Soit, } n_{lac} = 0,83 \cdot n_{acide} \text{ ou } n_{acide} = \frac{n_{lac}}{0,83}.$$

Par ailleurs, on a introduit 3,34 fois plus d'éthanol que d'acide lactique, en effet $\frac{n_{\acute{e}thanol,i}}{n_{acide,i}} = \frac{1,45}{0,434}$

3,34, donc $n_{\acute{e}thanol,i} = 3,34 \cdot n_{acide}$.

$$n_{\acute{e}thanol,i} = 3,34 \times \frac{n_{lac}}{0,83} = 3,34 \times \frac{1,9 \times 10^{11}}{0,83} = 7,6 \times 10^{11}$$

$$\text{Or, } m_{\acute{e}thanol} = n_{\acute{e}thanol,i} \cdot M_{\acute{e}thanol}$$

$$m_{\acute{e}thanol} = 7,6 \times 10^{11} \times 46,0 = 3,5 \times 10^{13} \text{ g}$$

$$\text{Et } V_{\acute{e}thanol} = \frac{m_{\acute{e}thanol}}{\rho_{\acute{e}thanol}}$$

$$V_{\acute{e}thanol} = \frac{3,5 \times 10^{13}}{0,789} = 4,5 \times 10^{13} \text{ mL} = 4,5 \times 10^{10} \text{ L} = 45 \text{ milliards de litres}$$

$$\frac{0.80 * 28E12}{118} * \frac{3.34 * 10^{13} * 250}{0.83} = 7.641281364E11$$

$$\text{Rep} * 46 = 3.514989427E13$$

$$\text{Rep} / 0.789 = 4.454992937E13$$

La volume d'éthanol formé chaque année est : $V_{annuel} = 120$ milliards de litres

$$r = \frac{V_{\acute{e}thanol}}{V_{annuel}} = \frac{45}{120} = 0,37 \text{ soit, } 37\% \text{ de la production mondiale annuelle.}$$