

PARTIE C : Contrôle de la qualité d'un lait avant fabrication de yaourts (5 points)

Mots clés pour la partie C : composition des systèmes chimiques, titrage acide-base, stéréoisomères.

Le lait est un aliment d'un grand intérêt nutritionnel dont la difficulté de conservation a été palliée, depuis longtemps, par sa transformation sous forme de laits fermentés, de yaourt ou de fromage. Ces transformations font intervenir des ferments lactiques dont l'action conduit à la libération d'acide lactique qui entraîne la coagulation des caséines et la prise en masse du lait.

Pour que le lait soit utilisable pour la fabrication de yaourt, il ne doit pas contenir plus de $2,16 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide lactique avant l'ensemencement par les ferments lactiques. Au-delà de $5,00 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide lactique, il présente un risque de caillage.

Dans le cadre d'une production de yaourts, des contrôles qualité sont mis en place sur la matière première et sur le produit fini afin de vérifier leur conformité vis-à-vis des exigences imposées. Un des contrôles qualité consiste à vérifier la concentration en acide lactique initiale du lait pasteurisé utilisé pour la production des yaourts.

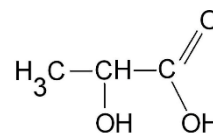
D'après un sujet d'évaluation des compétences expérimentales en biotechnologie, Baccalauréat technologique STL Session 2013.

Dans le lait et les produits laitiers, l'acide lactique provient de la dégradation du lactose par des bactéries. Plus un lait est frais, moins il contient d'acide lactique. La concentration en acide lactique dans un lait s'exprime en degrés Dornic ($^{\circ}\text{D}$) : 1°D correspond à $0,1 \text{ g}$ d'acide lactique par litre de lait. Un lait frais contient de 15 à 18°D , il caille à $60 - 70^{\circ}\text{D}$.

D'après un article de la Société chimique de France
<http://www.societechimiquedefrance.fr/produit-du-jour/acide-lactique.html>.

La structure de l'acide lactique a été établie par Johannes Wislicenus en 1873.

L'acide lactique est un acide organique très soluble dans l'eau qui joue un rôle dans divers processus biochimiques.



Données :

- masse molaire moléculaire de l'acide lactique $M = 90,1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- pK_a du couple acide lactique/ion lactate à 25°C , $pK_a = 3,90$;
- caractéristiques de quelques indicateurs colorés :

Indicateur coloré	Teinte pour $pH < pH_1$	Zone de virage $pH_1 - pH_2$	pK_A	Teinte pour $pH > pH_2$
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	3,7	jaune
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 – 5,4	4,7	bleu
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,3	5,1	jaune
Bleu de bromothymol (B.B.T.)	Jaune	6,0 – 7,6	7,0	bleu
Phénolphtaléine	Incolore	8,2 – 10,0	9,4	rose-violet

- 1) Justifier le fait que l'acide lactique présente des stéréo-isomères, puis les représenter et préciser la relation de stéréo-isomérisie qui les lie.
- 2) Représenter la formule semi-développée de l'ion lactate, base conjuguée de l'acide lactique.

Afin de contrôler la qualité d'un lait avant la fabrication de yaourts, on réalise le titrage d'un volume $V = 10,00 \text{ mL}$ de ce lait auquel on ajoute 40 mL d'eau par une solution étalonnée d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+(\text{aq})$, $\text{OH}^-(\text{aq})$) de concentration: $C_{\text{HO}^-} = 0,015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Le titrage est suivi par suivi pH-métrie. Les résultats obtenus sont présentés, sous forme graphique (figure 1).

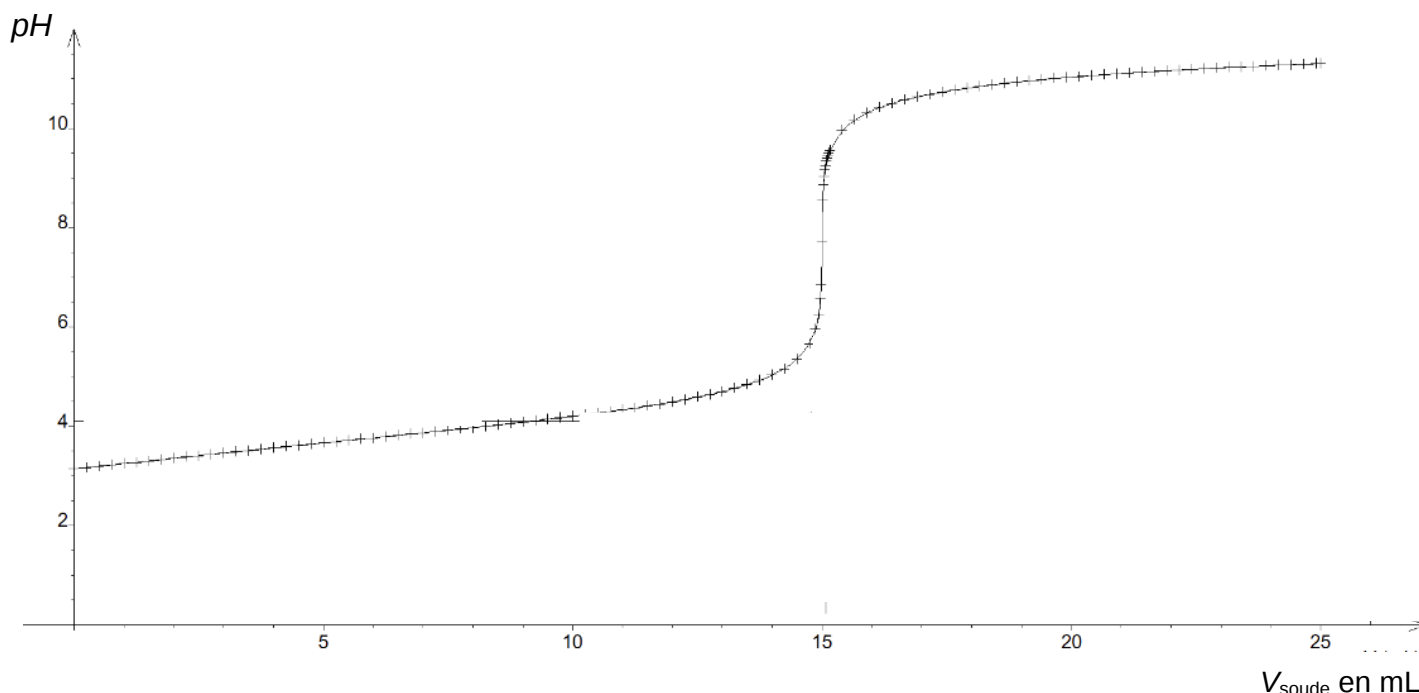


Figure 1 : évolution du pH en fonction du volume d'hydroxyde de sodium versé.

- 3) Indiquer quelle est l'espèce du couple acide lactique/lactate présente majoritairement au début du titrage d'une part, en fin de titrage d'autre part.
- 4) En déduire l'équation de la réaction support du titrage, en supposant que l'acide lactique est le seul acide présent dans le lait.
- 5) Déterminer le volume à l'équivalence en explicitant la méthode mise en œuvre.
- 6) Estimer graphiquement une valeur approchée du pK_a . Commenter le résultat obtenu.
- 7) Déterminer la concentration en quantité de matière en acide lactique du lait analysé. Exprimer le résultat de la mesure en tenant compte d'une incertitude-type égale à $3 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.
- 8) Conclure si le lait analysé est frais ou pas et s'il peut être utilisé pour la production de yaourts.
- 9) Proposer un indicateur coloré permettant de réaliser ce même titrage par repérage visuel de l'équivalence. Justifier et indiquer alors les changements de couleur observés.