

Lucien Ransinangue

**Objectif** Anticiper l'évolution du pH en fonction de l'évolution de la quantité d'acide dans une solution.  
Mettre en évidence la pertinence des pKa lorsque l'on veut comparer la force de deux acides.

**Terminale spécialité - Sciences physiques et chimiques** **Constitution et transformation de la matière**

**Thème** • Déterminer la composition d'un système par des méthodes physiques et chimiques – Prévoir l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique.

**Partie** • Analyser un système chimique par des méthodes physiques – Comparer la force des acides et des bases.

**Notions et contenus** Relation  $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{c^0}\right)$   
Évolution du pH en fonction de la quantité d'acide dans une solution.  
Connaître le caractère total d'une réaction.  
Savoir utiliser un tableur grapheur.  
Relation  $\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$ ; savoir exploiter la relation précédente pour déterminer le pKa d'un couple; comparaison de la force des acides en fonction du pKa.

**Compétences mobilisées** S'approprier **APP**  
Analyser / Raisonner **ANA/RAI**  
Réaliser **REA**  
Valider **VAL**  
Communiquer **COM**

## DES ACIDES, DU RAISIN AU VIN

L'acidité est un paramètre sensoriel très important du vin. Un vin à l'acidité trop faible ressortira plat et terne en bouche. À l'inverse, une acidité trop élevée conduira à un vin trop acidulé, agressif, voire aigre.

La maîtrise et le suivi de son pH sont donc très importants.

**Quels sont les principaux acides du raisin ?**

**Que se passe-t-il lors de la transformation en vin ?**



Un vigneron surveillant l'évolution de son vin.  
© Le Progrès

## POUR BIEN DÉMARRER!

Choisir la ou les bonnes réponses :

| Questions   | Réponse A  | Réponse B  | Réponse C  |
|---|--|--|--|
| 1. À 25 °C, une solution est acide quand :  | le pH est égal à 7.  | le pH est supérieur à 7.   | Le pH est inférieur à 7.   |
| 2. Les ions oxonium sont :  | les ions H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>   | les ions OH <sup>-</sup>   | les ions K <sup>+</sup>  |
| 3. La relation permettant de déterminer le pH est :   | $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C^0}\right)$<br>avec $C^0 = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ | $\text{pH} = -\log\left(\frac{C^0}{[\text{H}_3\text{O}^+]}\right)$<br>avec $C^0 = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ | $\text{pH} = -\log\left(\frac{[\text{AH}]}{[\text{A}^-]}\right)$             |
| 4. À 25°C, une solution aqueuse devient moins acide lorsque :                                     | le pH tend vers 7.   | le pH tend vers 0.   | le pH tend vers 14.  |
| 5. 1 m <sup>3</sup> vaut :  | 1.10 <sup>1</sup> L  | 1.10 <sup>2</sup> L  | 1.10 <sup>3</sup> L  |
| 6. La relation entre la concentration molaire C et la concentration massique C <sub>m</sub> est : | $C = \frac{M}{C_m}$  | $C = \frac{C_m}{M}$  | $C_m = C \times M$   |
| 7. La soude est :   | une base faible.   | une base forte.  | un acide fort.   |
| 8. La relation entre le pH et le pKa d'un couple acide base est :                                 | $\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[\text{AH}]}{[\text{A}^-]}\right)$                                       | $\text{pH} = \text{pKa} + \log\left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}\right)$                                       | $\text{pH} = \text{pKa} - \log\left(\frac{[\text{AH}]}{[\text{A}^-]}\right)$ |
| 9. Dans une solution aqueuse l'espèce acide est majoritaire lorsque :                             | pH = pKa   | pH < pKa   | pH > pKa   |
| 10. Plus le pKa est grand :   | plus l'acide est fort.   | plus l'acide est faible.   | plus la base est forte.  |

## PARTIE A : AVANT LE VIN, LE RAISIN

Le raisin, comme tous les fruits, est acide.

Son acidité provient principalement de l'acide tartrique et de l'acide malique.

Pour un vigneron, le suivi de la quantité de ces deux acides est très important dans l'élaboration d'un vin.

Elle permet entre autres de déterminer le bon moment de la vendange.

**Comment évolue le pH dans le raisin au cours de sa maturité ?**

**Comment passe-t-on du raisin au vin ?**



Différents cépages. © Covigneron

### Document 1 : Le cépage

Le cépage est tout simplement le nom donné à une variété de raisin. Le raisin que l'on cultive dans les vignes est bien différent de celui que l'on retrouve sur nos tables. Le cépage connaît une multitude de variétés. Chacune propose ses typicités, selon le sol et le climat autour desquels elle évolue. Ainsi, le raisin, donc le cépage, est la matière première qui apporte son identité au vin futur.

Extrait de « Le goût du vin ».

[www.mediachimie.org/ressource/le-goût-du-vin](http://www.mediachimie.org/ressource/le-goût-du-vin)



**1** APP Qu'est-ce qu'un cépage ?

.....

.....

**2** APP Qu'est-ce qui différencie un cépage d'un autre ?

.....

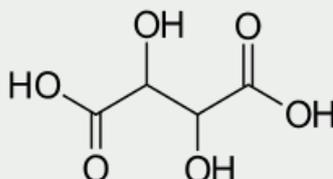
.....

**Document 2 : L'acide tartrique**

L'acide tartrique est l'acide majoritaire du raisin, c'est l'acide caractéristique de la vigne.

Il se forme dans les feuilles et les baies vertes. Sa quantité est maximale lors de la véraison (période de maturité du raisin sur la grappe qui désigne le moment où celui-ci change d'aspect) et reste stable jusqu'à maturité.

C'est un diacide faible de formule topologique :



- 3** ANA/RAI Donner la formule semi-développée de l'acide tartrique. Entourer les groupes caractéristiques et les nommer.
- 4** ANA/RAI La véraison est donc le moment de l'année où le grain de raisin gonfle en se chargeant d'eau et de sucres principalement, et passe du vert au rouge vif pour les raisins noirs et au jaune translucide pour les raisins blancs. En supposant que l'acide tartrique est seul responsable de l'acidité du raisin, comment va évoluer le pH entre la véraison et sa maturité ?
- .....
- .....
- .....
- .....
- 5** VAL À la véraison, la concentration en ion oxonium est d'environ  $3,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . À maturité, lors des vendanges, cette concentration évolue pour atteindre  $3,2 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  ou plus suivant les cépages et les conditions climatiques. Ces concentrations valident-elles votre réponse précédente ?
- .....
- .....
- .....
- .....

Document 3 : Du raisin au vin



Vidéo « Comment fait-on le vin ? »

[www.youtube.com/watch?v=N2bf6f6-RE](http://www.youtube.com/watch?v=N2bf6f6-RE)



6 APP Qu'est-ce que l'égrappage et le foulage?

.....

.....

7 APP Qu'est-ce qu'une décantation ? À quoi sert-elle dans la fabrication du vin ?

.....

.....

8 APP Qu'est-ce que le moût ?

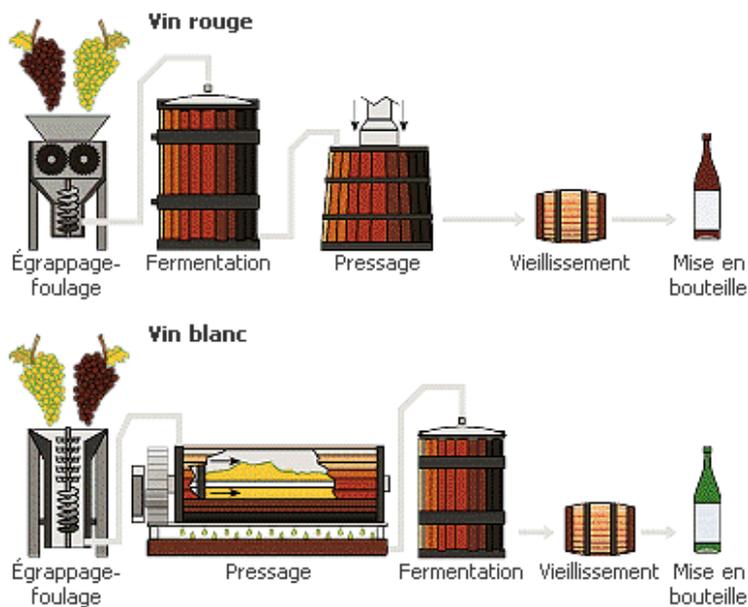
.....

.....

9 APP Combien de fermentations sont à l'œuvre pour l'élaboration d'un vin rouge ?

.....

.....



Les étapes de la fabrication des vins rouges et blancs.

© Charles Bancheraud

## PARTIE B : LA FERMENTATION MALOLACTIQUE

Une fois le moût de cépage rouge obtenu, celui-ci subit deux fermentations.

L'une d'elles va transformer un acide provenant du raisin, l'acide malique.

Cette étape dans la fabrication d'un vin fut longtemps méconnue. Elle est désormais maîtrisée par le vigneron.

**Reste-t-il de l'acide malique dans le vin ?**

**Comment peut-on parler de désacidification pour cette fermentation ?**



Des fûts contenant le vin pour la fermentation malolactique. ©Terre de vin

### Document 4 : Deux fermentations

L'élaboration de la plupart des vins rouges et de certains vins blancs de garde fait intervenir deux étapes de fermentation. La première, la fermentation alcoolique, [...] correspond à la transformation des sucres en alcool. La seconde, la fermentation malolactique, dépend des bactéries lactiques [...] qui assurent la dégradation de l'acide malique en acide lactique. Cette réaction contribue à la complexité aromatique et apporte une certaine stabilité microbienne au produit fini.

Extraits de « Catabolisme de l'arginine par *Enococcus oeni* : aspects énergétiques et génétiques »

<https://lait.dairy-journal.org/articles/lait/abs/2001/01/L1115/L1115.html>



**10** APP Quelles sont les deux fermentations qui permettent l'élaboration d'un vin ?

.....

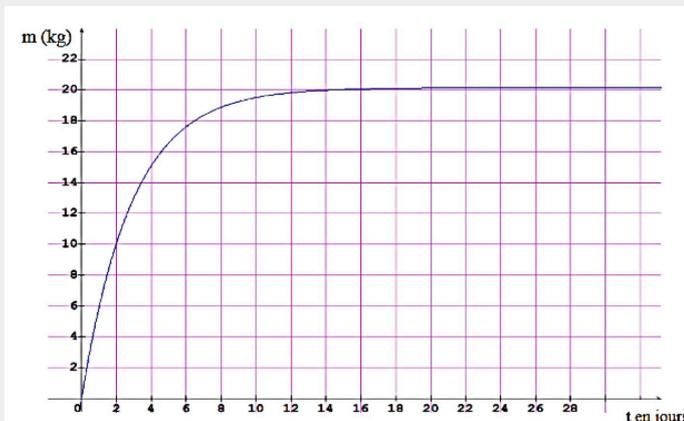
**11** APP Citer les espèces chimiques en jeu dans chacune de ces transformations.

.....

.....

**Document 5 : Équation de réaction et évolution de la masse d'acide lactique dans une cuve**

Lors de la fermentation malolactique, l'équation de réaction est :



**12** ANA/RAI La cuve utilisée possède un volume  $V = 10 \text{ m}^3$ .

Juste avant cette fermentation malolactique, la concentration en acide malique dans la cuve était de  $C_{\text{mal}} = 3,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Montrer que :  $n_{\text{mal}} = \frac{C_{\text{mal}} \times V}{M_{\text{mal}}}$  puis déterminer,  $n_{\text{mal}}$ , la quantité de matière initiale en acide malique.

Donnée : Masse molaire de l'acide malique  $M_{\text{mal}} = 134 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

.....

.....

.....

**13** APP Combien de jours sont nécessaires pour que la fermentation malolactique se termine ?

.....

**14** ANA/RAI Déterminer la quantité de matière en acide lactique à la fin de la fermentation malolactique.

Donnée : Masse molaire de l'acide lactique  $M_{\text{lac}} = 90,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

.....

.....

.....

**15** COM La fermentation malolactique est une « désacidification » du vin. En vous appuyant sur votre réponse précédente, discuter de cette appellation.

.....

.....

.....

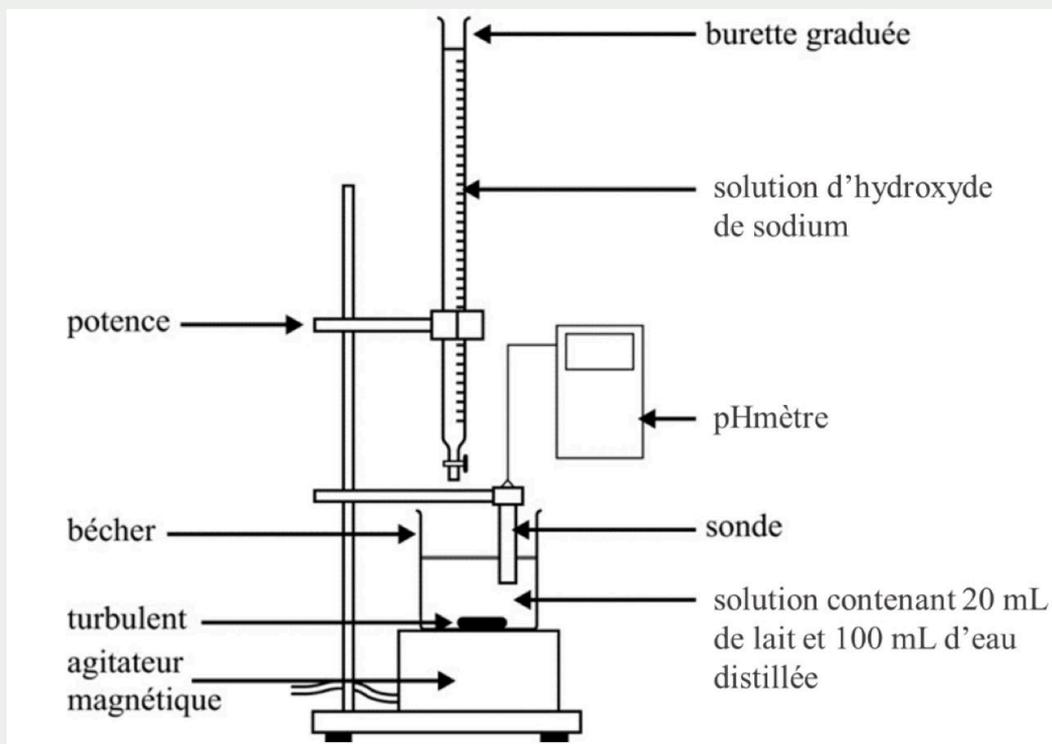
## PARTIE C : ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

## DÉTERMINATION DU pKa DE L'ACIDE LACTIQUE

Matériels et solutions à disposition :

- une burette graduée et son support;
- du lait frais;
- une solution d'hydroxyde de sodium  $5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ;
- de l'eau distillée;
- une pipette jaugée de 20 mL et son dispositif de prélèvement;
- un agitateur magnétique et son barreau aimanté;
- une éprouvette graduée de 100 mL;
- un bécher de 200 mL;
- un pHmètre;
- une sonde pHmétrique et son support;
- un ordinateur avec un logiciel tableur grapheur.

## Document 6 : Schéma du dispositif



**16** REA À l'aide d'un logiciel tableur grapheur, réaliser le graphique montrant l'évolution du pH en fonction du volume de soude versé.  
La soude sera versée mL par mL pour un volume total de 18 mL.

**17** ANA/RAI Donner l'équation de réaction entre l'acide lactique noté AH et la soude.

**18** ANA/RAI À la demi-équivalence, que pouvez-vous dire sur la concentration en acide lactique et celle de sa base conjuguée ?  
En déduire le pKa de l'acide lactique.

**19** ANA/RAI L'acide malique est un diacide, ses couples acide/base seront notés  $A'H_2/A'H^-$  de  $pK_{a_1} = 3,46$  et  $A'H/A'^{2-}$  de  $pK_{a_2} = 5,10$ .  
Donner le diagramme de prédominance de l'acide malique.

**20** ANA/RAI Le pH d'un vin est généralement de 3,5. Quelle valeur de pKa doit-on utiliser si l'on veut comparer la force de l'acide malique avec l'acide lactique dans un vin ?

**21** COM Rédiger une synthèse où vous exposerez la question de la désacidification pour la fermentation malolactique.

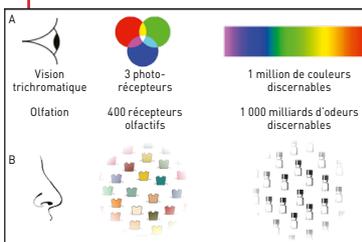
Pour aller plus loin



### Chimie et symétrie : chiralité

Ce dossier nous explique avec précision comment l'acide tartrique permet à Pasteur de découvrir la chiralité.

[www.mediachimie.org/ressource/chimie-et-symetrie-chiralite](http://www.mediachimie.org/ressource/chimie-et-symetrie-chiralite)



### Odeurs et représentations mentales

Une vidéo conférence sur ce sens archaïque mais néanmoins très puissant qu'est l'odorat chez l'Homme.

[www.mediachimie.org/ressource/odeurs-et-representations-mentales](http://www.mediachimie.org/ressource/odeurs-et-representations-mentales)



### Pourquoi y-a-t-il des bulles dans mon champagne ?

La réponse à cette question dans cet intéressant article.

[www.mediachimie.org/actualite/pourquoi-y-t-il-des-bulles-dans-mon-champagne](http://www.mediachimie.org/actualite/pourquoi-y-t-il-des-bulles-dans-mon-champagne)



### Spectrométrie UV / Visible

Cette vidéo nous explique comment le vignoble bordelais anticipe l'impact du réchauffement sur le travail de la vigne.

[www.lumni.fr/video/climat-quand-les-vins-de-bordeaux-trinquent](http://www.lumni.fr/video/climat-quand-les-vins-de-bordeaux-trinquent)



### La minute du vin

Onze vidéos amusantes et apprenantes sur le vin.

[www.youtube.com/watch?v=kAFV5rVABQI&list=PLHxTCjxCu8wb0z2chLKvgEEjAMbbqzmmz](http://www.youtube.com/watch?v=kAFV5rVABQI&list=PLHxTCjxCu8wb0z2chLKvgEEjAMbbqzmmz)

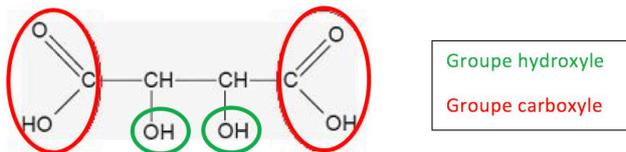


**Q.C.M.**

1.C; 2.A; 3.A; 4.A; 5.C; 6.BC; 7.B; 8.BC; 9.B; 10.BC

**Partie A : Avant le vin, le raisin**

1. Les cépages sont les variétés de raisin.
2. La différence environnementale dans lequel le raisin va croître donnera des cépages différents.
3. La formule semi-développée de l'acide tartrique est :



4. La quantité en acide tartrique n'augmente plus à partir de la véraison tandis que le volume du raisin augmente. La concentration en acide tartrique diminue, le raisin est de moins en moins acide le pH augmente pour tendre vers 7.

5. À la véraison :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{c^0}\right) = -\log(3,2 \cdot 10^{-3}) = 2,5$$

À maturité :

$$pH = -\log\left(\frac{[H_3O^+]}{c^0}\right) = -\log(3,2 \cdot 10^{-4}) = 3,5$$

Le raisin devient bien moins acide.

6. L'égrappage est l'action qui consiste à séparer les grains de raisin de la rafle. Puis on écrase le raisin pour en extraire le jus, c'est le foulage.
7. La décantation est l'opération qui consiste à séparer des constituants d'un mélange en utilisant la gravité. Pour le jus de raisin, les impuretés vont petit à petit se déposer au fond du récipient.

8. Le moût est la mixture obtenue après le foulage du raisin.

9. Lors de la transformation du raisin en vin, il se produit deux fermentations.

**Partie B : La fermentation malolactique**

10. Les fermentations sont la fermentation alcoolique et la fermentation malolactique.
11. La fermentation alcoolique transforme les sucres en alcool. La fermentation malolactique transforme l'acide malique en acide lactique.

12.  $n_{mal} = C \times V$  or  $C = \frac{c_{mal}}{M_{mal}}$   
 Ainsi  $n_{mal} = \frac{c_{mal} \times V}{M_{mal}}$   
 $n_{mal} = \frac{3,0 \times 1,0 \cdot 10^4}{134} = 2,2 \cdot 10^2 \text{ mol}$

13. La réaction est terminée au bout de 14 jours.

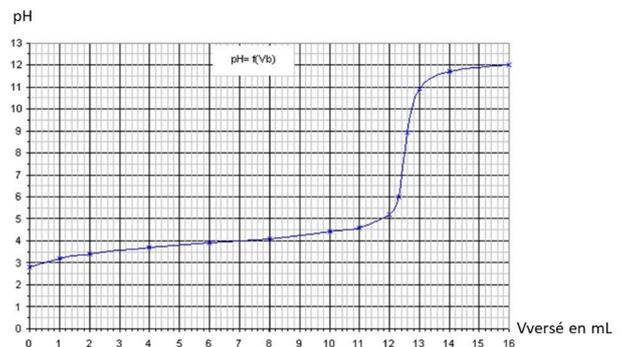
14. 
$$n_{lac} = \frac{m}{M_{mal}} = \frac{20 \cdot 10^3}{90,1} = 2,2 \cdot 10^2 \text{ mol}$$

On obtient la quantité de matière maximale possible, la réaction est bien totale.

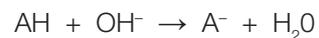
15. La fermentation malolactique transforme un acide en un autre acide et en même quantité. De ce point de vue, on ne peut pas parler de désacidification. Il faut regarder du côté de la force de ces acides.

**Partie C : Activité expérimentale**

16. Par exemple :



17. L'équation de la réaction est :



18. À la demi-équivalence, la quantité en acide restante est égale à la quantité en base conjuguée formée. Ainsi  $[AH] = [A^-]$

Or  $pH = pKa + \log\left(\frac{[A^-]}{[AH]}\right)$ . Donc  $pH = pKa$ .

Le pKa de l'acide lactique est donc d'environ 4.

19.



20. Pour le pH du vin la présence de la forme A'2- peut être négligée.

Le seul couple à prendre en compte est le couple A'H2/A'H- de  $pKa_1 = 3,46$ .

21. Lors de la fermentation malolactique tout l'acide malique se transforme pour donner de l'acide lactique. Un acide en remplace un autre.

Cependant, les acides n'ont pas tous la même force. Plus le pKa est grand et plus l'acide est faible. Or le pKa de l'acide lactique est plus grand que le pKa1. La force de l'acide lactique étant plus faible que celle de l'acide malique pour une même concentration, l'acide lactique sera moins dissocié que l'acide malique.

La fermentation malolactique est bien une désacidification du vin.