

# **BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR**

## **QUALITÉ DANS LES INDUSTRIES ALIMENTAIRES ET LES BIO-INDUSTRIES**

### **U.22 – SCIENCES PHYSIQUES**

**SESSION 2016**

Durée : 2 heures  
Coefficient : 3

**Matériel autorisé :**

Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire N°99-186 du 16 novembre 1999).

**Documents à rendre avec la copie :**

**Document réponse page 9/9**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 1/9

# La production de Cognac

Le Cognac est une eau-de-vie fine à base de raisin, produite dans une région délimitée centrée autour de Cognac. Elle doit respecter des normes et des règles de production bien précises afin de pouvoir obtenir l'appellation « Cognac. »

La première étape dans la fabrication est l'obtention du moût de raisin (jus obtenu par pressurage immédiatement après la récolte). Le moût comprend, outre le jus de raisin, la pulpe et les peaux des grains de raisins, les pépins et éventuellement des fibres de la plante. Ces éléments représentent un pourcentage variable, de 5 à 25 %, de la masse totale.

Puis, le moût est mis à fermenter. La vinification charentaise s'effectue en 2 fermentations successives : la fermentation alcoolique et la fermentation malolactique. Après 5 à 7 jours, on obtient un vin peu alcoolisé (de l'ordre de 8° à 11°), acide et trouble, peu agréable à ce stade.

Le mélange obtenu subit ensuite une double distillation (distillation charentaise). En fin de distillation on obtient un mélange à 70° environ en alcool qui n'est pas consommable ; c'est son vieillissement en fût de chêne (pour un minimum de deux ans et demi) qui le transformera en Cognac commercialisé à 40°.

## Données numériques

**Masses volumiques (en g.L<sup>-1</sup>) :**

éthanol : 780

eau : 1000

**Données thermodynamiques :**

	$\Delta_f H^\circ_{(298)} \text{ (kJ.mol}^{-1}\text{)}$	$S^\circ_{(298)} \text{ (J.K}^{-1}\text{.mol}^{-1}\text{)}$
Glucose $C_6H_{12}O_6$	- 1260	289,5
Ethanol $C_2H_6O$	- 277,6	160,7
Dioxyde de carbone $CO_2$	- 393,5	213,6

**Constante des gaz parfaits :**

$R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}\text{.mol}^{-1}$

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 2/9

## 1. Thermodynamique de la fermentation alcoolique (4 points)

**Document 1** – différentes cinétiques de la fermentation alcoolique (d'après [www.pedicognac.com](http://www.pedicognac.com))

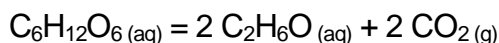
La fermentation alcoolique est effectuée par voie enzymatique. Elle est assurée par l'espèce de levure *Saccharomyces cerevisiae* qui est apportée dans le moût.

La température du vin en fermentation est surveillée quotidiennement.

Pour assurer une bonne cinétique fermentaire, c'est-à-dire un bon développement de *Saccharomyces cerevisiae*, il faut une cinétique régulière et une consommation complète des sucres par la levure. En pratique, elle doit durer environ 7 jours et la température ne doit pas dépasser 30 °C.

Si l'élévation de température est trop importante (au-delà de 30 °C), la cinétique fermentaire sera trop rapide, ce qui peut gêner le fonctionnement des levures : il peut alors y avoir danger pour la fin de la fermentation.

La fermentation alcoolique peut être modélisée par l'équation de réaction du glucose qui se transforme en éthanol et dioxyde de carbone :



L'enthalpie standard de réaction de la réaction de fermentation calculée à partir des données du tableau (page 2/9) est égale à :  $\Delta_r H^\circ_{(298)} = -82,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

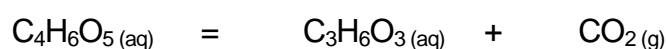
- 1.1. Commenter le signe de l'enthalpie standard de réaction de la réaction de fermentation ; expliquer la nécessité de surveiller quotidiennement la température du vin en fermentation.
- 1.2. Calculer l'enthalpie libre standard de réaction de la réaction de fermentation à 25 °C.
- 1.3. À l'aide des données thermodynamiques, justifier que la réaction peut se dérouler en l'absence des enzymes apportées par les levures à 25 °C.  
Expliquer le rôle des enzymes.
- 1.4. Décrire l'influence d'une augmentation de température sur cet équilibre.

## 2. La fermentation malolactique (4 points)

### Document 2 – la fermentation malolactique

La fermentation malolactique est assurée par des bactéries appartenant à l'espèce *Oenococcus oeni*. Ces bactéries présentes dans les moûts ne se développent, en principe, qu'une fois la fermentation alcoolique achevée. La fermentation malolactique n'est pas obligatoire, elle est cependant souvent conseillée car elle donne des eaux-de-vie plus « rondes » et permet de diminuer les teneurs en éthanal qui auraient pu être produites en quantité un peu trop importante par les levures. Après la fermentation principale, lorsque les sucres ont disparu, l'acide (-)-malique (isomère S) restant peut être fermenté par les bactéries.

L'acide malique est un diacide de formule  $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  ; lors de la fermentation, il est transformé en acide lactique  $\text{H}_3\text{C}-\text{CHOH}-\text{COOH}$  avec production de dioxyde de carbone selon le bilan :



- 2.1. Sur le **document réponse (page 9/9) à rendre avec la copie**, identifier les fonctions présentes dans la molécule d'acide malique et indiquer leur classe, s'il y a lieu.
- 2.2. Rappeler à quelle propriété physique de l'acide malique correspond l'indication « (-) » donnée dans le **document 2**.
- 2.3. Sur le **document réponse (page 9/9) à rendre avec la copie**, repérer par un astérisque le (ou les) carbone(s) asymétrique(s) de la molécule d'acide malique.
- 2.4. Donner une représentation de Cram de l'énantiomère (S) de l'acide malique. On précisera le classement des groupes attachés à (aux) carbone(s) asymétrique(s) par ordre de priorité en suivant les règles de Cahn, Ingold et Prelog.

**Données :** Numéros atomiques :  $Z(\text{H}) = 1$  ;  $Z(\text{C}) = 6$  ;  $Z(\text{O}) = 8$

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 4/9

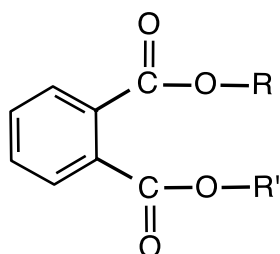
### 3. Cognac et phtalates (6 points)

**Document 3** – extrait d'article de journal ([www.charentelibre.fr](http://www.charentelibre.fr), 27 février 2013)

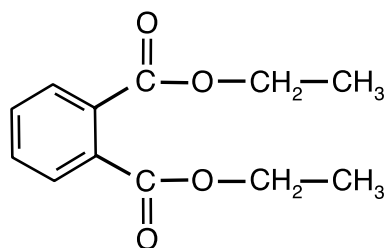
***Des conteneurs remplis de cognac échoués sur des quais du port de Shenzhen, au sud de la Chine.***

*Depuis plusieurs semaines, les marques de cognac sont fiévreuses face à une nouvelle réglementation chinoise sur les teneurs en phtalates dans les spiritueux. Ironie de l'histoire, des symboles du luxe à la française se retrouvent mis à l'index par des autorités chinoises nouvellement converties à la mode de la sécurité alimentaire et du principe de précautions.*

Les phtalates sont utilisés notamment comme plastifiants dans la fabrication des tuyaux en plastique dont sont munies les distilleries modernes. Ils sont soupçonnés d'être des perturbateurs endocriniens et de nombreuses études sont actuellement menées sur les effets qu'ils pourraient avoir sur les organismes.

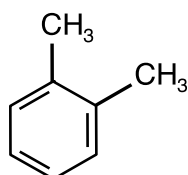


*Formule générale des phtalates ;  
R et R' représentent des groupes alkyles*

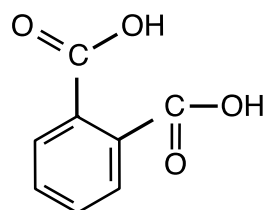
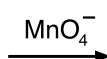


*Un exemple de phtalate :  
le phtalate de diéthyle*

Les phtalates peuvent être synthétisés à partir d'acide phtalique, lui-même formé à partir du 1,2-diméthylbenzène issu de la distillation du pétrole :



*1,2-diméthylbenzène*



*acide phtalique*

- 3.1. Le 1,2-diméthylbenzène possède un autre nom : est-ce l'ortho-xylène, le para-xylène ou le méta-xylène ? Recopier la réponse correcte sur votre copie.
- 3.2. À quel grand type de réaction appartient la transformation du 1,2-diméthylbenzène en acide phtalique décrite ci-dessus ?
- 3.3. Donner le nom des fonctions chimiques présentes dans la molécule de phtalate de diéthyle.

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 5/9

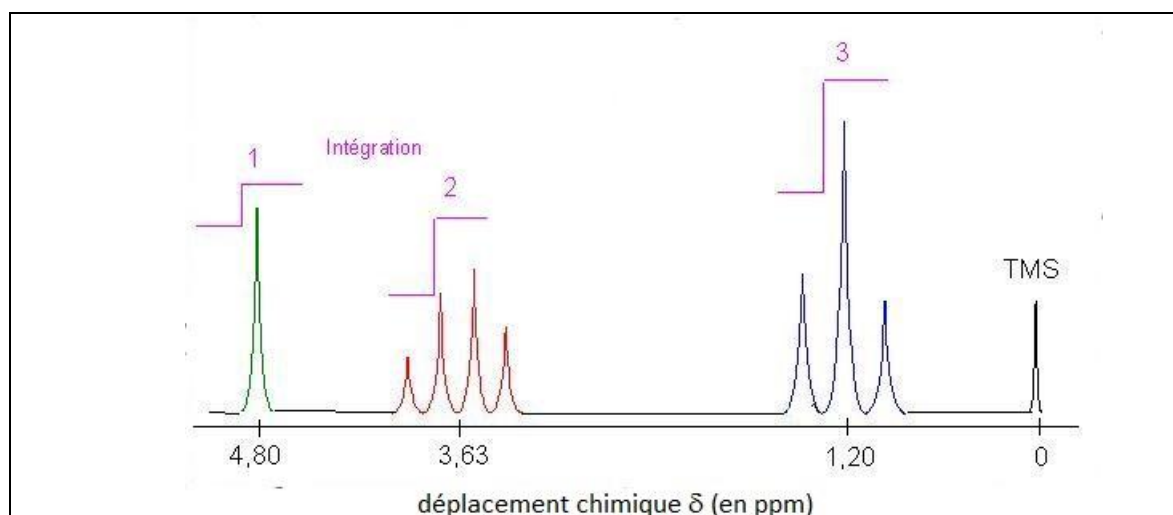
**3.4.** Le phtalate de diéthyle peut se former à partir d'acide phtalique et d'éthanol  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ .

**3.4.a.** Écrire cette réaction de formation du phtalate de diéthyle.

**3.4.b.** Sur le spectre RMN de l'éthanol (**document 4**), on identifie différents massifs (un singulet avec un déplacement chimique de 4,80 ppm, un quadruplet centré sur 3,63 ppm et un triplet centré sur 1,20 ppm).

Associer le massif centré sur 1,20 ppm aux hydrogènes de la molécule et justifier la multiplicité.

**Document 4** – spectre RMN de l'éthanol



**3.5.** Une fois dans l'organisme le phtalate de diéthyle est métabolisé à l'aide d'une carboxylestérase qui réalise, par catalyse enzymatique, la réaction inverse de celle écrite à la question précédente. En milieu aqueux et sans l'aide d'enzymes, la dégradation de ce phtalate par ce moyen est limitée. Il est possible de la rendre complète en faisant réagir le phtalate de diéthyle avec l'ion hydroxyde  $\text{OH}^-$ .

**3.5.a.** Donner le nom de cette réaction entre un ester et l'ion hydroxyde.

**3.5.b.** Écrire l'équation de cette réaction.

#### **4. Numération des levures et des bactéries (6 points)**

Comme déjà vu, la première étape de la fabrication du Cognac, la vinification, fait appel à l'action successive de plusieurs microorganismes. Ce sont des levures, lors de la fermentation alcoolique et des bactéries lactiques, lors de la fermentation malolactique. Il est important de pouvoir contrôler la taille et l'activité de ces populations microbiennes. Ceci peut se faire par un suivi raisonné de l'évolution de la température et de la densité du moût mais des contrôles peuvent aussi se faire grâce à des numérations directes des populations au cours des fermentations.

Dans cette partie, on s'intéressera principalement aux cellules de levure, dont la taille moyenne est de  $7,5 \mu\text{m}$ .

Le microscope optique utilisé pour les contrôles est muni d'un oculaire ( $\times 10$ ) et d'un objectif ( $\times 40$ ) avec une ouverture numérique de  $\phi = 0,85$ .

- 4.1.** Calculer l'angle  $\theta$  sous lequel on verrait à l'œil nu une cellule à une distance de 25 cm. Comparer cet angle au pouvoir de résolution moyen de l'œil ( $\varepsilon = 3.10^{-4}$  rad). Conclure.

#### **4.2. Le microscope**

Le **document réponse page 9/9 (à rendre avec la copie)** donne un schéma de principe du microscope avec : AB l'objet observé,  $A_1B_1$  l'image intermédiaire,  $L_1$  l'objectif avec ses foyers  $F_1$  et  $F'_1$ , et  $L_2$  l'oculaire.

- 4.2.a.** Sur le **document réponse page 9/9 (à rendre avec la copie)**, placer les foyers principaux de l'oculaire pour une vision à l'infini (sans accommodation). On les notera  $F_2$  et  $F'_2$ .
- 4.2.b.** Compléter le schéma de principe du microscope sur le **document réponse page 9/9 (à rendre avec la copie)** en traçant deux rayons issus de  $B_1$  et sortant du microscope.
- 4.2.c.** Que représentent les valeurs ( $\times 10$ ) pour l'oculaire et ( $\times 40$ ) pour l'objectif ?
- 4.2.d.** Calculer la valeur du grossissement commercial du microscope.
- 4.2.e.** En déduire l'angle apparent  $\theta'$  sous lequel une cellule est observée à travers l'instrument et le comparer au pouvoir de résolution moyen de l'œil. Conclure.

#### **4.3. Pouvoir séparateur**

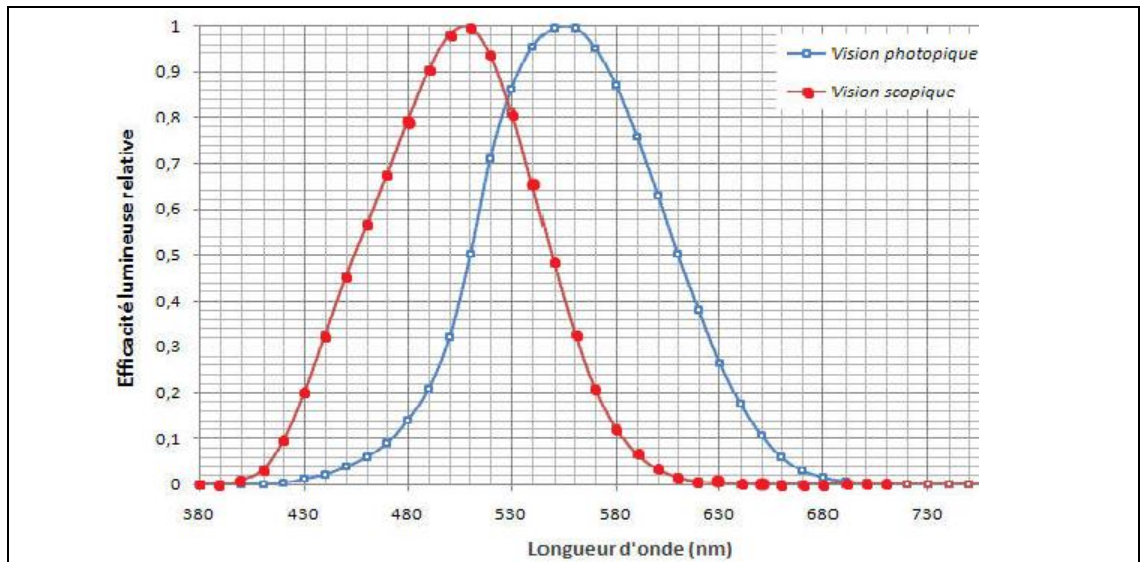
Le pouvoir séparateur  $S$  d'un microscope est la distance minimale séparant deux points que l'on peut distinguer à travers l'instrument ; elle peut se calculer grâce à la valeur de l'ouverture numérique  $\phi$  de l'objectif et dépend de la longueur d'onde  $\lambda$  :

$$S = 1,2 \lambda / (2 \times \phi)$$

BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 7/9

- 4.3.a.** Indiquer le phénomène physique qui limite le pouvoir séparateur d'un microscope.
- 4.3.b.** Extraire du **document 5** la valeur de longueur d'onde optimale  $\lambda_0$  à utiliser pour calculer le pouvoir séparateur. Justifier ce choix.

**Document 5** – efficacité lumineuse relative spectrale pour l'œil humain en vision photopique (de jour) et scopique (de nuit).



- 4.3.c.** Déterminer le pouvoir séparateur du microscope utilisé dans les conditions optimales.
- 4.3.d.** Les bactéries responsables de la fermentation malolactique ont des tailles allant de 0,5 à 0,7  $\mu\text{m}$ .  
Le microscope permet-il d'en faire la numération ?

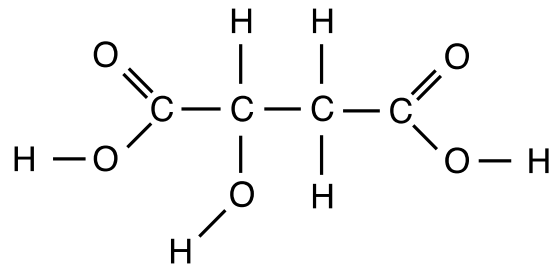


**Document réponse**  
**(à rendre avec la copie)**

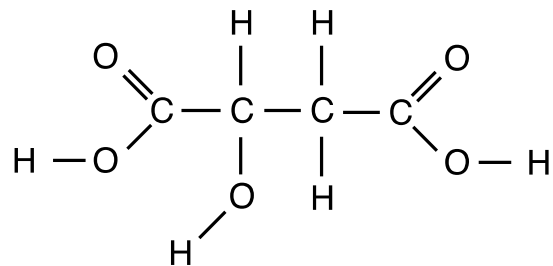
**2- La fermentation malolactique**

Questions 2.1. et 2.3.

Fonctions :



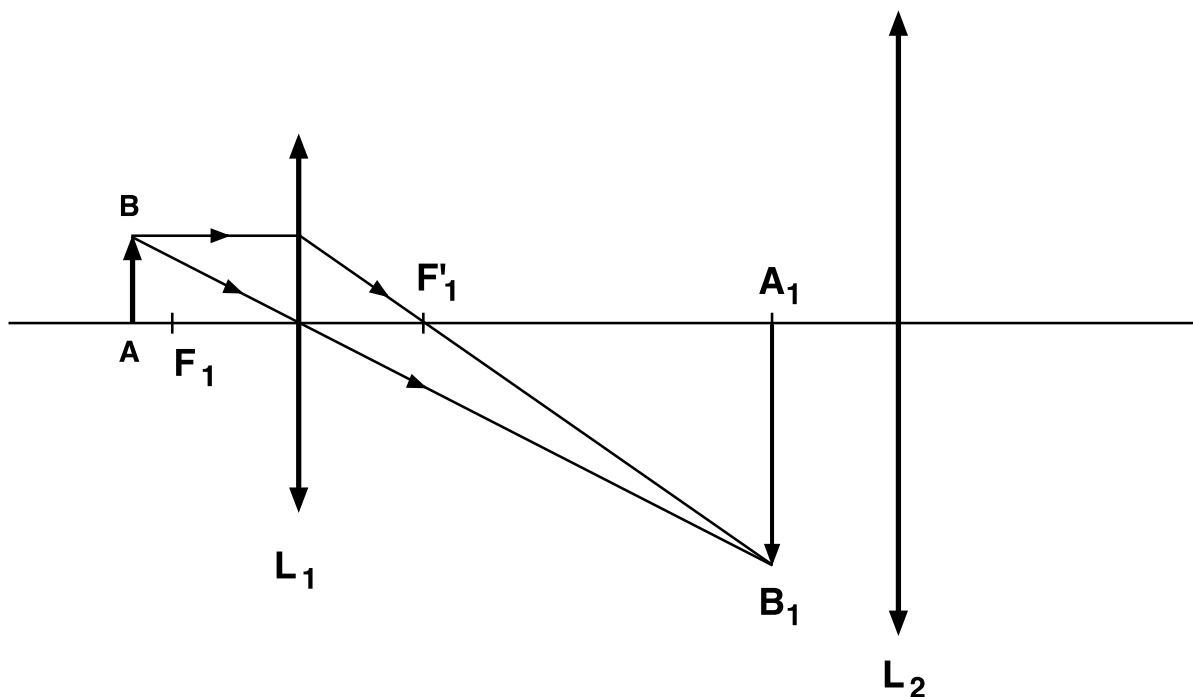
Carbone(s)  
asymétrique(s) :



**4- Numération des levures et bactéries**

Question 4.2. Le microscope

*Ce schéma de principe n'est pas à l'échelle.*



BTS Qualité dans les industries alimentaires et les bio-industries		Session 2016
U.22 : Sciences physiques	Code : QAPHY PF	Page : 9/9