

BACCALURÉAT TECHNOLOGIQUE
G6 PHYSIQUE-CHIMIE

Série : STAV

Durée : 120 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte 9 pages

Partie A : Mise en place d'un atelier de microbrasserie 11 points

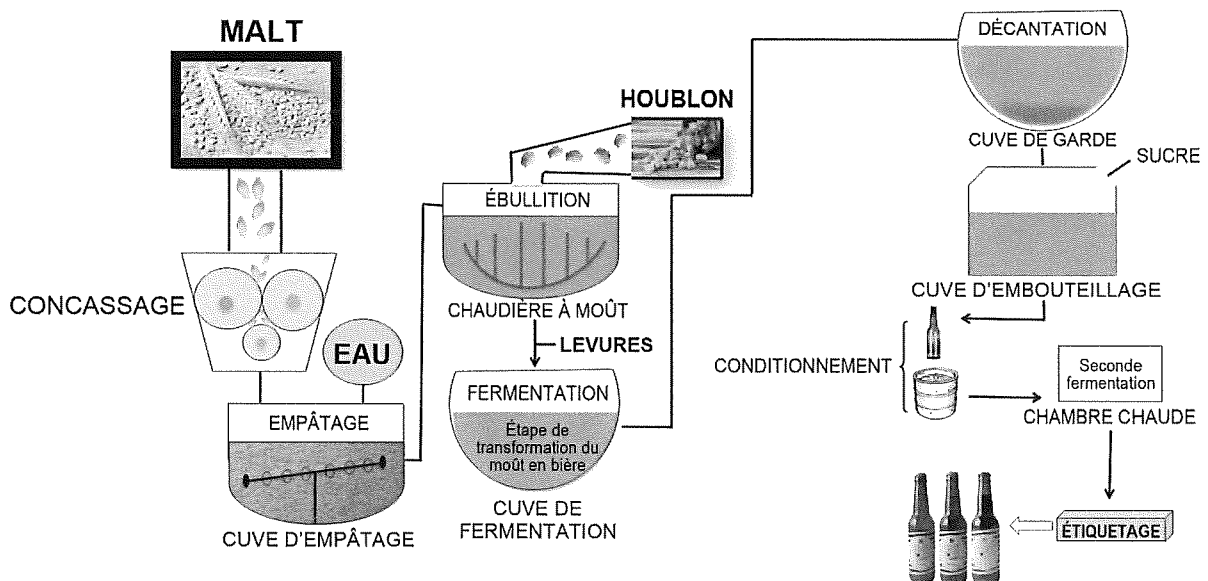
Partie B : Quelques étapes de la fabrication de la bière 9 points

SUJET

Fabrication d'une bière artisanale

Samuel envisage de se lancer dans la fabrication artisanale de bière. Il souhaite mettre en place un atelier et maîtriser les procédés chimiques de fabrication.

Le schéma ci-dessous résume les différentes étapes du procédé de fabrication de la bière.



D'après www.bièretrompesouris.com

Partie A

Mise en place d'un atelier de microbrasserie (11 points)

Samuel décide d'équiper son garage pour le transformer en atelier de brasserie. Il a quelques choix techniques à effectuer et souhaite évaluer les contraintes de mise en œuvre de certaines étapes du processus de fabrication de la bière.

A.1 Isolation thermique et dimensionnement du chauffage de la microbrasserie

Samuel souhaite, pour son confort, maintenir une température minimale de 15 °C dans son local. Dans ce but, il décide de refaire l'isolation du plafond, les murs étant déjà isolés. Au magasin de bricolage, il relève les caractéristiques de deux isolants qu'il regroupe avec quelques données dans le **document A1**.

A.1.1 Calculer la résistance thermique de la laine de roche.

A.1.2 Comparer, en argumentant, les deux isolants du point de vue des performances isolantes, du coût et de l'impact écologique et sanitaire.

Samuel décide d'opter pour la laine de bois. Au plus froid de l'hiver, la température extérieure peut atteindre – 10 °C.

A.1.3 Calculer le flux thermique à travers le plafond ainsi isolé si la température intérieure du local est de 15 °C.

Le local est chauffé en moyenne 180 jours par an. La puissance thermique moyenne nécessaire pour compenser les pertes thermiques du local est de 400 W.

A.1.4 Évaluer le coût du chauffage sur cette période, sachant que le mode de chauffage choisi est un radiateur électrique.

Données :

Un radiateur électrique convertit l'intégralité de l'énergie électrique reçue en énergie thermique.

Tarif de l'énergie électrique : 0,18 € / kWh.

1 jour = 24 heures.

A.2 Évaluation de la durée de chauffage et optimisation du refroidissement du moût

Après brassage du mélange (eau + malt) et filtration, le moût est porté à ébullition dans une cuve pour être stérilisé. **Le document A2** présente des données et les caractéristiques de la cuve de chauffage dont dispose Samuel.

A.2.1 Montrer que l'énergie thermique nécessaire pour chauffer 20 litres de moût, initialement à 30 °C, jusqu'à une température de 100 °C (sans ébullition), est de l'ordre de 5,7 MJ.

A.2.2 Calculer la durée Δt_m nécessaire pour porter le moût à 100 °C en considérant que la cuve chauffe avec sa puissance maximale.

En réalité, Samuel prévoit une durée différente de Δt_m , de l'ordre d'une heure, pour réaliser cette opération.

A.2.3 Proposer une explication technique justifiant cette différence.

Le moût est ensuite refroidi à température ambiante à l'aide d'un dispositif de refroidissement avant l'étape de fermentation. Samuel dispose pour cela d'un serpentin immergé dans la cuve. De l'eau froide circule dans le serpentin, qui est de longueur adaptable.

La phase de refroidissement doit être rapide pour éviter toute prolifération microbienne du moût.

A.2.4. Proposer deux paramètres sur lesquels Samuel peut intervenir pour minimiser le temps de refroidissement.

A.3 Raccordement électrique d'une pompe à eau

Pour faire des économies et dans un souci de respect de la ressource en eau, Samuel décide d'utiliser l'eau de son puits pour le refroidissement du moût. Il souhaite déterminer s'il peut brancher la pompe sur la ligne électrique où se trouve le radiateur électrique du local.

A.3.1 Calculer l'intensité nominale I du courant électrique qui circule dans la pompe en fonctionnement, en utilisant les données du **document A3**.

Le radiateur électrique en fonctionnement est parcouru par un courant d'intensité 8,5 A. La ligne électrique qui l'alimente est protégée par un disjoncteur divisionnaire de 16 A.

A.3.2 Déterminer s'il est possible de faire fonctionner simultanément la pompe et le radiateur.

DOCUMENT A1

Isolation du plafond du garage

- ✓ Informations concernant le plafond à isoler : plafond plat de surface 20 m².
- ✓ La résistance thermique R (en m².K.W⁻¹) d'un matériau dépend de son épaisseur e (en m) et de sa conductivité thermique λ (en W.m⁻¹.K⁻¹) selon la relation : $R = \frac{e}{\lambda}$.
- ✓ Informations sur les deux matériaux (épaisseur e = 20 cm)

Matériau	Conductivité en W.m ⁻¹ .K ⁻¹	Résistance thermique en m ² .K.W ⁻¹	Prix en €/m ²	Biodégradabilité	Risques pour la santé	Impact carbone lors de la fabrication
Laine de bois	0,038	5,26	19	Très bonne	Aucun	Très faible
Laine de roche	0,047	?	12	Faible	Libère des fibres irritantes lors de la manipulation	Élevé

Source : d'après www.bricodépôt.fr- www.isover.fr

Flux thermique (en watt) : $\Phi = S \times \frac{\Delta\theta}{R}$.

S : surface de la paroi isolée en m².

R : résistance thermique en m².K.W⁻¹ (ou m².°C.W⁻¹)

Δθ : différence de température de part et d'autre de la paroi en °C ou K.

DOCUMENT A2

Caractéristiques de la cuve de chauffage



Cuve de brassage en acier inoxydable solide, avec robinet de vidange, hygiénique et facile à entretenir.

Puissance chauffante maximale : 2 000 W.

Capacité : 27 litres, suffisante pour des brassins de 20 litres.

Garantie : 3 ans.

Source : d'après <https://www.brouwland.com>

Données :

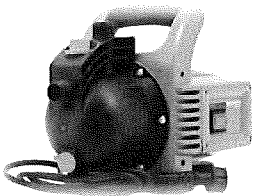
Énergie thermique échangée pour faire passer la température d'un corps de masse m et de capacité thermique massique c d'une valeur initiale θ_i à une valeur finale θ_f :

$$E = m \times c \times (\theta_f - \theta_i)$$

Capacité thermique massique du moût : $c = 3\,850 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

Masse volumique du moût : $\mu = 1,06 \text{ kg.L}^{-1}$.

DOCUMENT A3



Caractéristiques de la pompe du puits

Puissance électrique : $P = 400 \text{ W}$

Tension nominale : $U = 230 \text{ V}$

Facteur de puissance : $k = 0,92$

Donnée :

Puissance électrique P consommée par un moteur électrique $P = k \times U \times I$.

Partie B

Quelques étapes de la fabrication de la bière (9 points)

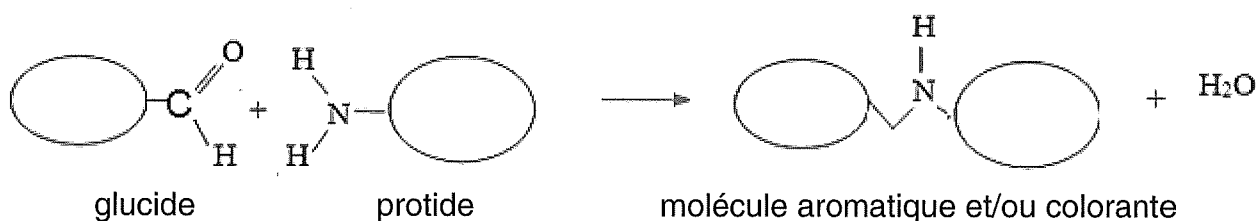
Samuel souhaite comprendre quelques paramètres-clés de la fabrication de sa bière

B.1 Obtention du malt à partir de l'orge

La plupart des bières sont élaborées à partir de céréales, le plus souvent de l'orge. L'orge est dans un premier temps transformé en malt. Pour cela, on le fait germer, sécher, puis chauffer. Lors de ce chauffage nommé « touraillage » (qui s'apparente à une torréfaction), certaines molécules biochimiques subissent des transformations qui produisent des composés aromatiques et qui colorent la bière.

B.1.1 Identifier parmi les constituants du malt (**document B1**) un ose, un diholoside et un polyholoside.

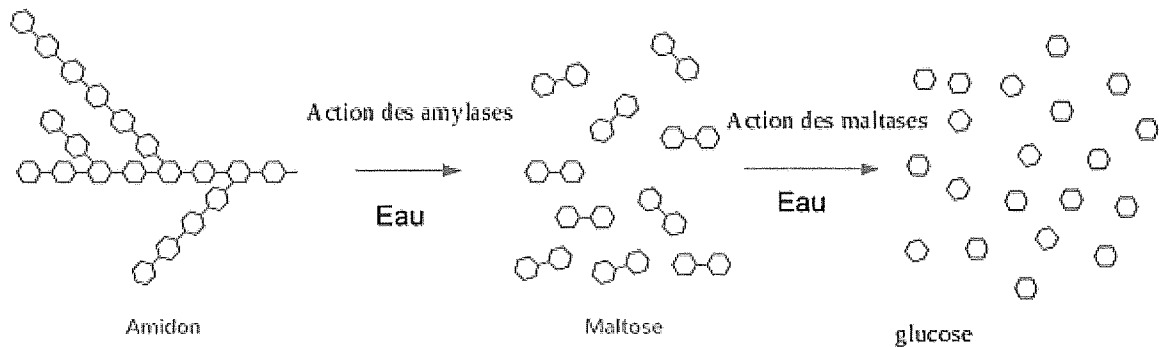
Au cours du touraillage, des réactions entre certains glucides et protides ont lieu. Ces réactions conduisent à la formation de composés odorants et de pigments bruns. Le schéma très simplifié d'une telle réaction est le suivant (les cercles représentent des enchaînements d'atomes non représentés ici et n'intervenant pas dans la réaction) :



B.1.2 Donner le nom des fonctions chimiques mises en jeu lors de cette réaction entre le glucide et le protide.

B.2 Opération de brassage

Le brassage permet de transformer l'amidon contenu dans le malt en molécules de glucides plus petites, assimilables par les levures. Cette transformation s'effectue, avec l'intervention d'enzymes (amylases et maltases) présentes naturellement dans les grains d'orge germés et qui augmentent considérablement la vitesse des réactions :



B.2.1 Nommer le type de réaction subie par l'amidon, puis par le maltose.

B.2.2 Expliquer simplement le rôle des amylases.

Au cours du brassage, le moût est chauffé à différents paliers de température, de façon à optimiser l'action de deux types d'enzymes amylases (alpha et bêta), puis à les inactiver.

B.2.3 En utilisant le **document B2**, justifier le choix des trois paliers de température durant le brassage.

B.3 La fermentation alcoolique

Après brassage et ébullition, le moût est transféré en cuve de fermentation et il estensemencé avec des levures à bière. C'est l'étape de transformation du moût en bière. Les glucides fermentescibles ($C_6H_{12}O_6$) se transforment en éthanol (C_2H_6O) et en dioxyde de carbone (CO_2).

On souhaite évaluer le degré d'alcool probable à partir d'un moût de concentration en sucres fermentescibles $C_m = 85 \text{ g.L}^{-1}$.

B.3.1 Recopier et compléter le nombre stœchiométrique manquant dans l'équation de la fermentation alcoolique.



B.3.2 En considérant que le rendement de fermentation est de 80 %, déterminer le degré alcoolique de la bière élaborée.

La démarche suivie et la qualité de la rédaction sont évaluées. Tout élément même partiel de raisonnement cohérent sera pris en compte.

Données :

Masses molaires moléculaires : $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$ $M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 46 \text{ g.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'éthanol : $\mu = 780 \text{ g.L}^{-1}$.

Degré alcoolique : pourcentage en volume d'alcool dans la bière.

Exemple : une bière à 6° contient 60 mL d'alcool pour 1 litre de bière.

DOCUMENT B1

Composition moyenne du malt

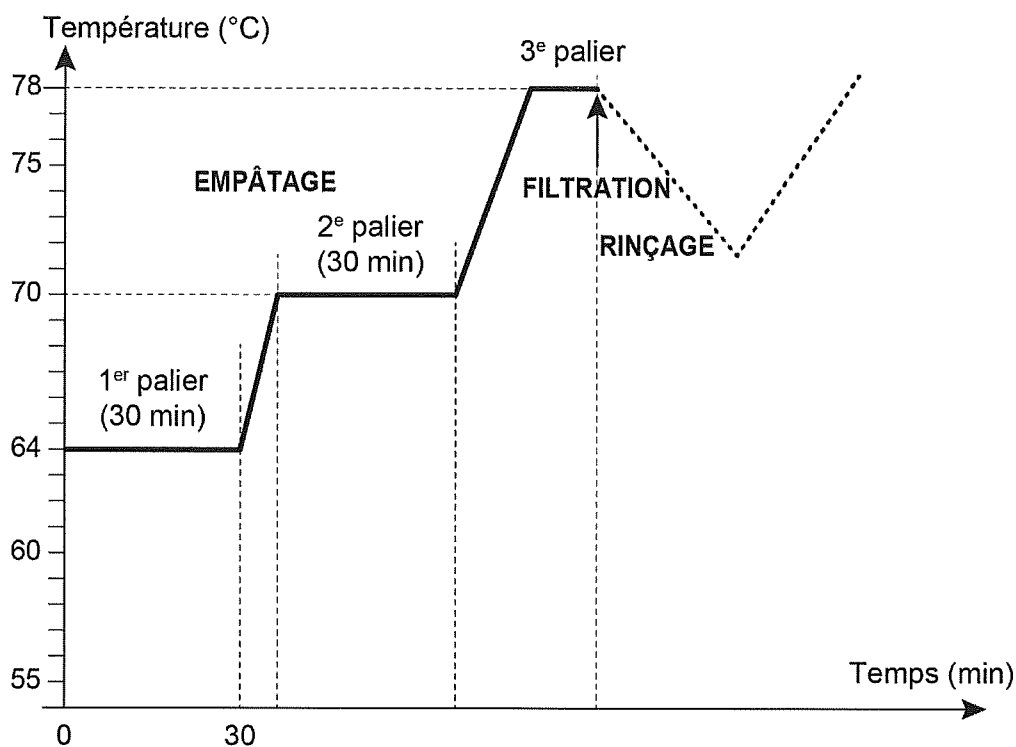
Constituants	% en masse de la matière sèche
Amidon	74
Maltose	1
Glucose-fructose	3
Saccharose	4
Autres glucides	5
Lipides	3
Protéines	10

Source : d'après docnum.univ-lorraine.fr

DOCUMENT B2

Choix des paliers de température lors du brassage

Évolution de la température du moût durant les différentes phases du brassage :



Conditions d'action des deux sortes d'amylase intervenant durant le brassage :

	pH optimal	Température optimale	Température d'inactivation
Alpha amylase	5,3-5,8	69 °C - 74 °C	Au-dessus de 76 °C
Béta amylase	5,2-5,6	63 °C - 65 °C	Au-dessus de 68 °C