Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Pro PCEPC, veuillez visiter :
bacpropcepc.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL

PROCÉDÉS DE LA CHIMIE, DE L'EAU ET DES PAPIERS-CARTONS

SESSION **2024**

ÉPREUVE **E2** : ÉPREUVE TECHNOLOGIQUE

ÉTUDE D'UN PROCÉDÉ

DOSSIER TRAVAIL

Durée : 4 heures
Coefficient : 4

DOCUMENTS ET MATÉRIELS AUTORISÉS

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.
Aucun document autorisé.

*Le dossier se compose de **17** pages, numérotées de **1/17** à **17/17***

Dès que le dossier vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Compétences évaluées : **C14 -** utiliser le langage technique adapté
C15 - traiter les informations
Ce dossier sera rendu dans sa totalité, agrafé dans une copie anonymée.

SOMMAIRE ET BARÈME

« La Brasserie : procédé de fabrication de bières »

Sommaire et barème

1. **Compréhension du procédé (27,5 points) : 3**
2. **Préparation de la production de la bière de saison (9,5 points) : 5**
3. **Étude du refroidissement du moût brassé (18,5 points) : 7**
4. **Étude de l'étape de fermentation (16,5 points) : 12**
5. **Contrôle du produit fini (8 points) : 16**

Il est nécessaire de lire la totalité du dossier ressources avant de répondre aux questions du dossier travail.

Votre mission :

En tant qu'opérateur de fabrication dans l'entreprise BierOman, vous êtes chargé de mettre en œuvre **la fabrication d'une bière de saison**.
Pour assurer cette nouvelle production, votre chef d'atelier vous demande :

- de capitaliser les notions essentielles à la fabrication de la bière,
- de préparer l'installation et les matières premières,
- de mettre en place et de contrôler les réglages des conditions opératoires de certains équipements clés,
- d'assurer le suivi de la fermentation alcoolique en toute sécurité,
- de prévoir les caractéristiques de la bière de saison à partir des matières premières utilisées.

.

1. **COMPRÉHENSION DU PROCÉDÉ** (27,5 points) :

Avant de réfléchir aux modifications du procédé pour la fabrication d'une bière de saison, le responsable de production, Monsieur Seize, demande de capitaliser les notions communes à la fabrication de la bière.
À l'aide du document ressources (**page 3**), répondre aux questions suivantes.

1.1. **Citer** les quatre ingrédients nécessaires pour produire de la bière.

1,5 points

1.2. **Citer** trois rôles du houblon.

1,5 points

1.3. **Définir** la fermentation alcoolique et citer les micro-organismes capables de la réaliser.

1,5 points

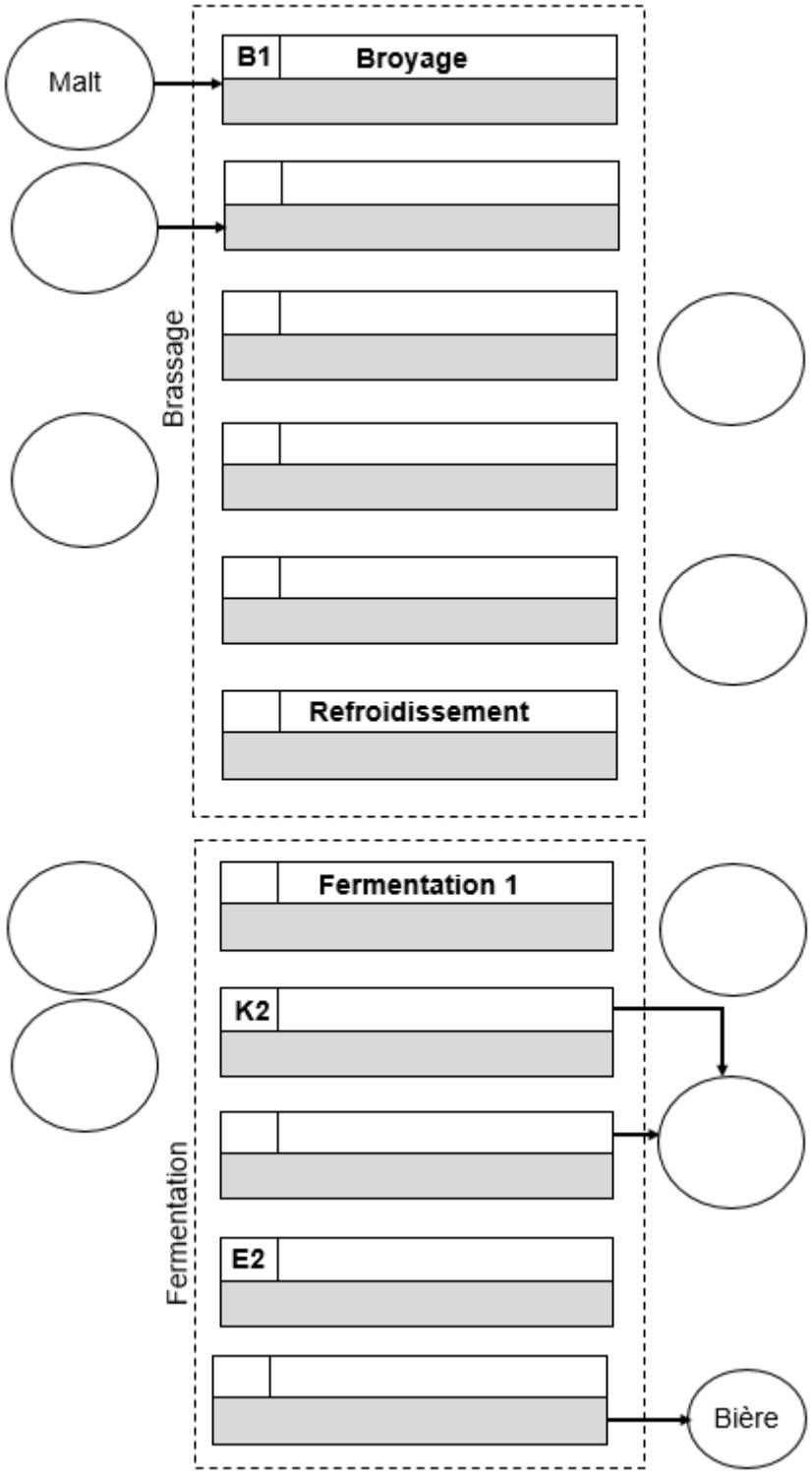
1.4. **Renseigner** le tableau suivant.

2 points

	Fermentation basse	**Fermentation haute**
Goût/arôme		
Degrés d'alcool		
Température de fermentation		
Durée de fermentation		

1.5. **Compléter** le schéma de principe à l'aide du document ressources (**pages 4 et 5**). Les parties grisées ne sont pas à compléter. Les liens entre les entrées et les sorties des étapes sont à tracer par des flèches

21 points



2. PRÉPARATION DE LA PRODUCTION DE LA BIÈRE DE SAISON (9,5 points)

Avant de charger les matières premières pour la fabrication de la bière de saison, une phase de nettoyage de l'intégralité de l'unité est nécessaire pour éliminer les bactéries et les résidus de la fabrication précédente. Vous êtes chargé de réaliser le nettoyage de l'installation.

2.1. À l'aide du document ressources (**pages 7 et 8**), **citer** le produit utilisé pour la phase de lavage alcalin et donner la signification du pictogramme de sécurité associé.

1 point

2.2. **Cocher** les pictogrammes correspondant aux EPI (Équipement de protection Individuelle) nécessaires à porter pour réaliser la phase de nettoyage.

1,5 points

				
☐	☐	☐	☐	☐

2.3. En cas de contact du produit de lavage avec les yeux, **citer** les mesures de premiers secours.

1,5 points

Il est maintenant temps de préparer les quantités de matières premières nécessaires à la production de la bière de saison. Les informations de fabrication sont les suivantes :

- *numéro du lot : brassin BLB-189*
- *semaine du 10/06/2024 au 14/06/2024.*

Monsieur Seize vous demande de prévoir les quantités pour une semaine d'activité ***de 5 jours.***

2.4. À l'aide des données de production (dossier ressources page 7), **vérifier** que le volume de bière produit pour la semaine d'activité est de **25 000 L**.

1 point

2.5. **Calculer** les quantités de matières premières en kilogramme (kg) à prévoir pour la semaine d'activité. **Détailler** les calculs pour chaque matière première.

2 points

2.6. **Reporter** les résultats dans le tableau de préparation de la production.

2,5 points

Tableau de préparation des matières premières	**Période de préparation**
Date :	Numéro de lot :
Matières premières à peser	
Orge malté en kg	
Eau d'empâtage en kg	
Houblon saison en kg	

3. ÉTUDE DU REFROIDISSEMENT DU MOÛT BRASSÉ (18,5 points)

En sortie de l'étape de brassage, le moût brassé a besoin d'être refroidi pour atteindre les conditions optimales d'activité des levures lors de l'étape de fermentation.

Pour maitriser la température de sortie du moût et s'adapter à la fabrication de la bière de saison, l'équipe procédé « service technique » souhaite installer une boucle de régulation. Avant d'étudier cette boucle, l'équipe procédé a besoin de votre analyse sur les performances et le fonctionnement de l'échangeur E1 en vous aidant ***du formulaire du dossier ressources page 12/13.***

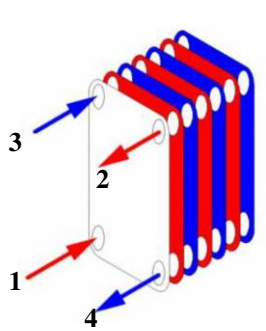
L'échangeur E1 est un échangeur à plaques.
Habituellement, le moût brassé entre à un débit de 625 L/h à la température de 50 °C pour être refroidi à 6 °C, par de l'eau de refroidissement entrant à une température de 2 °C et sortant à 20 °C vers l'égout.

Les propriétés physico-chimiques des fluides sont données dans le tableau suivant :

Propriétés physico-chimiques	Valeurs
$Cp_{\text{moût brassé}}$	3,7 kJ/(kg.°C)
Cp_{eau}	4,18 kJ/(kg.°C)
$\rho_{\text{moût brassé}}$	1,07 kg/L
ρ_{eau}	1 kg/L

3.1. **Compléter** le schéma en faisant apparaitre les informations manquantes.

3,5 points

<table>
<tr><th>Schéma d'un échangeur à plaques</th><th>Courant 1</th><th>Courant 2</th><th>Courant 3</th><th>Courant 4</th></tr>
<tr><td rowspan="3">
</td><td colspan="2">Fluide chaud :</td><td colspan="2">Fluide froid :</td></tr>
<tr><td>T en °C :</td><td>T en °C :</td><td>T en °C :</td><td>T en °C :</td></tr>
<tr><td colspan="2">Débit volumique :</td><td colspan="2">Débit volumique :

Inconnu à ce stade.</td></tr>
</table>

3.2. **Calculer** le flux de chaleur libéré par le moût lors du refroidissement en kJ/h.

1 point

3.3. En supposant qu'il n'y a aucune perte thermique (rendement de l'échange thermique à 100 %), **calculer** le débit d'eau de process nécessaire en kg/h.

2 points

Pour la bière de saison, la température du moût en entrée de l'échangeur est à 59 °C.

3.4. **Calculer** la température du moût en °C en sortie de l'échangeur à plaques. On considérera un débit d'eau de process à **1 450 kg/h**.

2 points

3.5. **Indiquer** par une croix les paramètres permettant de rétablir la température du moût à 6 °C en sortie de l'échangeur.

1 point

☐ Diminuer le débit du moût	☐ Augmenter le débit d'eau de refroidissement.
☐ Augmenter le débit de moût.	☐ Diminuer le nombre de plaques de l'échangeur
☐ Diminuer le débit d'eau de refroidissement.	☐ Augmenter le nombre de plaques de l'échangeur

Suite à votre analyse, l'équipe procédé souhaite installer une boucle de régulation de température appelée TC01. Cette boucle de régulation a pour objectif de réguler la température de sortie du moût à la consigne de 6 °C en agissant sur le débit d'eau de refroidissement.

3.6. **Préciser** la grandeur réglée de la boucle de régulation TC01.

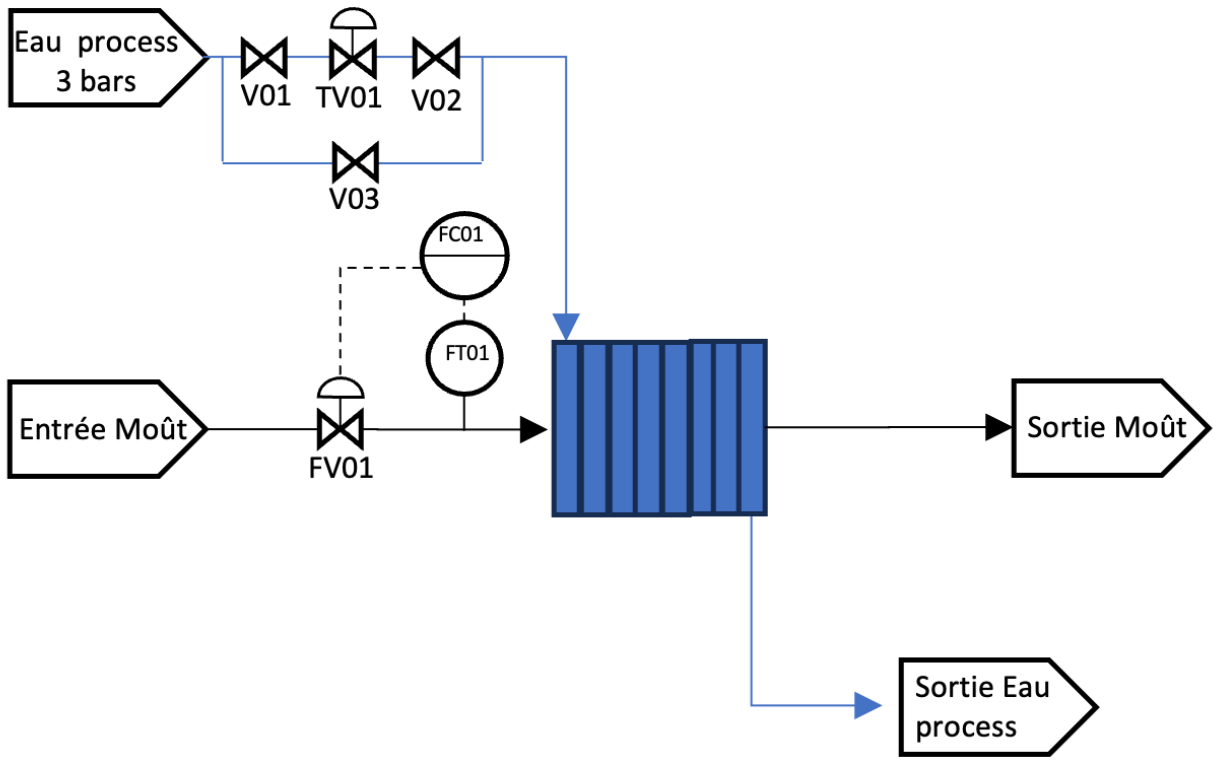
0,5 point

3.7. **Préciser** la grandeur réglante de la boucle de régulation TC01.

0,5 point

3.8. **Compléter** la boucle de régulation que propose l'équipe procédé sur le schéma suivant :

2,5 points



3.9. **Compléter** le tableau de variation de la boucle de régulation TC01 pour donner suite à la perturbation indiquée dans le tableau : « La température du moût en sortie augmente soudainement ».

1,5 points

Une flèche vers le haut si les grandeurs augmentent ↑,
une flèche vers le bas si les grandeurs diminuent ↓
ou un **=** si les grandeurs restent constantes.

Perturbation	Consigne du régulateur TC01	Que fait la grandeur réglée ?	Que fait la grandeur réglante ?	Que fait l'ouverture de la vanne de régulation ?
La température du moût en sortie augmente	**6 °C**			

La boucle TC01 est maintenant installée. Comme à votre habitude, vous commencez votre prise de poste par une ronde de surveillance de l'atelier de brasserie.
Au cours de cette ronde, au niveau de l'échangeur de refroidissement du moût, vous constatez que la vanne de régulation pneumatique de l'eau de process TV01 (référence V290-016) présente une fuite importante au niveau du corps de vanne.

3.10. À l'aide du **schéma page 9 de ce document**, **citer** les actions que vous devez effectuer pour mettre en sécurité l'installation et poursuivre la production.

2 points

3.11. Suite à l'incident constaté, **remplir** la demande d'intervention ci-dessous à délivrer au service maintenance.

2 points

DEMANDE D'INTERVENTION			
Nom du demandeur : *Opérateur X*			
Parc / Atelier	**Appareillage**	**Matériel**	**Référence**
.....	.....	.....	.....
Constat de défaillance :			
Analyse du danger : Travail en hauteur □ Électrique □ Appareil sous pression □ Appareil sous vide □ Brûlures thermiques □ Produit toxique □ Produit corrosif □ Produit inflammable □			
Actions préventives : Vidange, purge de l'installation □ Condamnation de vannes □ Lavage de l'installation □ Contrôle de l'absence de pression □ Signalisation □ Condamnation électrique □			

4. **ÉTUDE DE L'ÉTAPE DE FERMENTATION** (16,5 points)

Lors de cette nouvelle fabrication, il est nécessaire de déterminer la quantité de CO_2 qui va être dégagée lors de la fermentation de la bière de saison afin de pouvoir la ré-utiliser pour le conditionnement final dans le but de regazéifier la bière.

La fermentation alcoolique est traduite par l'équation chimique suivante :

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_6O + 2\ CO_2$$

4.1. À l'aide du document ressources (**page 5**), **nommer** le réactif et les deux produits de la fermentation alcoolique.

1,5 points

Formule	**$C_6H_{12}O_6$**	**C_2H_6O**	**CO_2**
Nom			

4.2 L'orge malté utilisé contient 61 % de glucose. À partir de cette information, calculer la masse de glucose en kg contenue dans 6 250 kg d'orge malté.

0,5 point

4.3. **Compléter** le tableau de la réaction de fermentation alcoolique. La réaction est considérée comme totale.

3 points

Formule	$C_6H_{12}O_6$ → **2** C_2H_6O + **2** CO_2		
Coefficient stœchiométrique	1	2	2
Masse molaire (kg/kmol)	180	46	44
Masse initiale (kg)	3 800	0	0
Mole initiale (kmol)		0	0
Mole finale (kmol)	0		
Masse finale (kg)	0		

4.4. Par retour d'expérience sur les fabrications traditionnelles, la quantité de CO_2 minimum pour gazéifier une production de 50 000 L de bière est de 1 600 kg.
Conclure sur la masse de CO_2 générée lors de la fabrication de la bière de saison.

1 point

*Le responsable sécurité en profite pour rappeler les dangers liés à la formation de CO_2 durant la fermentation alcoolique. Il distribue à chacun le flyer sécurité (dossier ressources **page 9**).*

Afin de sensibiliser l'équipe au risque CO_2, le responsable sécurité vous demande de déterminer quelle serait la composition de l'air de la salle si l'intégralité du CO_2 devait s'échapper. Pour simplifier le raisonnement, on considèrera que le volume de CO_2 s'ajoute au volume de l'air de la salle.

La salle de fermentation contenant les cuves de fermentation a un volume de 3 200 m^3. L'atmosphère de la salle avant la fermentation est considérée comme standard avec 79 % de diazote N_2 et 21 % de dioxygène O_2 (% volume).

4.5. **Compléter** le bilan suivant :

4 points

Atmosphère de la salle de fermentation avant fermentation		
Constituants	% volumique	Volume (m^3)
N_2		
O_2		
Total		3 200

CO_2 issu de la fermentation		
Constituants	% volumique	Volume (m^3)
CO_2		950
Total		

Atmosphère de la salle de fermentation après fermentation		
Constituants	% volumique	Volume (m^3)
N_2		
O_2		
CO_2		
Total		

4.6. **Conclure** sur le taux d'oxygène présent dans l'atmosphère du local.

1 point

4.7. **Citer** le risque lié à cette atmosphère.

1 point

4.8. **Citer** les précautions à prendre en cas de fuite de CO_2 dans le local.

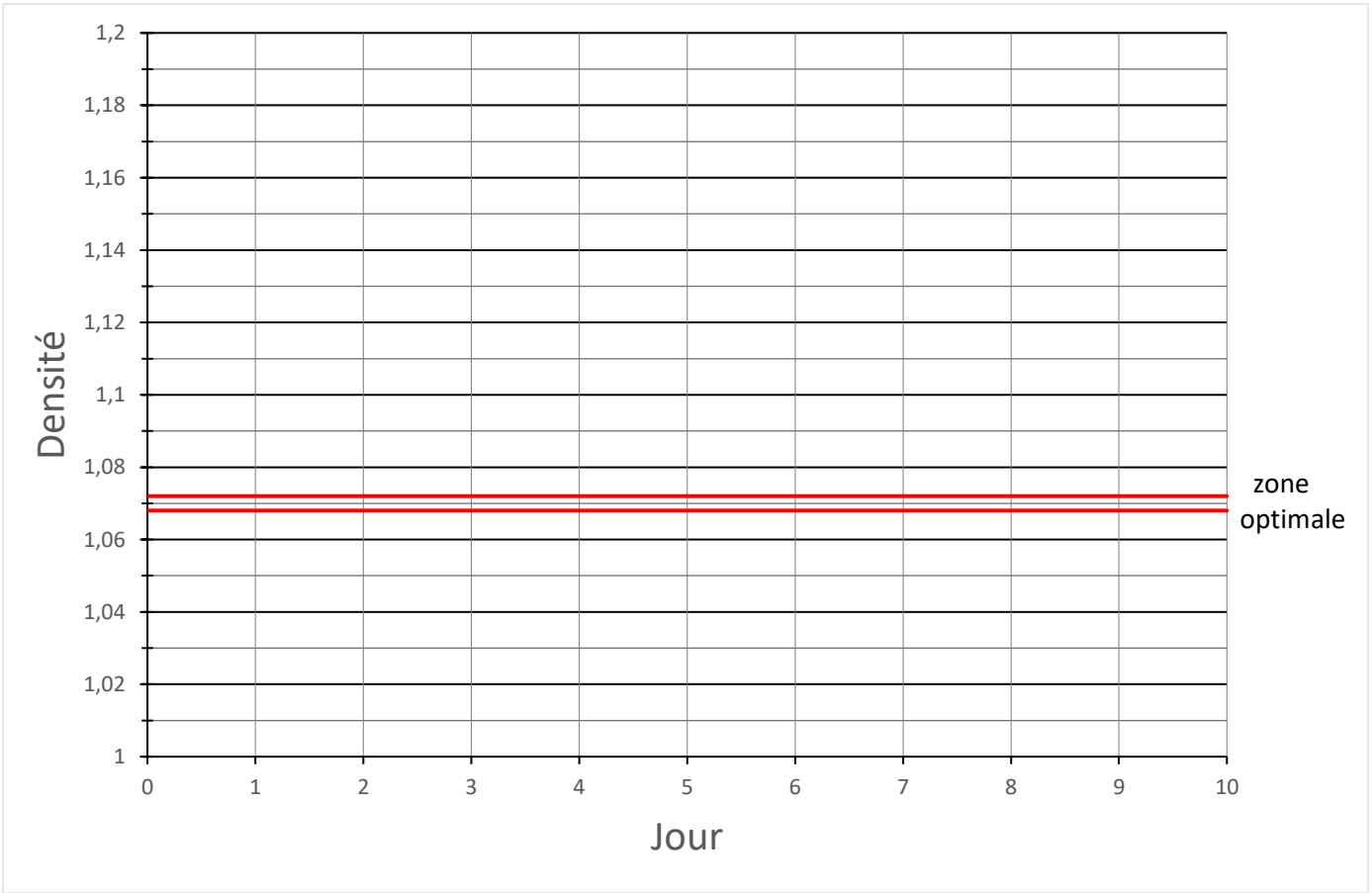
1 point

Vous suivez la fermentation par la mesure de la densité. Chaque jour vous relevez la densité de la cuve de fermentation et remplissez le graphique de suivi journalier afin de déterminer l'arrêt de la fermentation.

4.9. À partir des données fournies dans le document ressources (**page 10**), **construire** le graphique de l'évolution de la densité au cours de la fermentation.

2,5 points

Suivi de la fermentation : Évolution de la densité en fonction des jours de fermentation



4.10. **Déterminer** le temps optimal de fermentation de la fabrication de la bière.

1 point

5. CONTRÔLE DU PRODUIT FINI (8 points)

En fin de production, le pôle qualité de la brasserie, vous transmet les résultats obtenus sur un échantillon de bière de saison fabriqué du 10/06/2024 au 14/06/2024.
Les résultats sont fournis ci-dessous :

Vous êtes chargé de vérifier si les résultats du service qualité correspondent aux prédictions (valeurs théoriques) que vous pouvez calculer à partir des malts utilisés.

À l'aide du document ressources **pages 10 et 11**, répondre aux questions suivantes et remplir le tableau de conformité.

5.1. **Calculer** l'EBC de prédictions par les malts de la bière de saison.

1 point

5.2. **Calculer** la densité de prédictions par les malts de la bière de saison. Arrondir au centième.

1 point

5.3. **Déterminer** le degré alcoolique potentiel.

1 point

5.4. **Calculer** le degré d'alcool réel de la bière

1 point

5.5. **Conclure** quant à la conformité du brassin en complétant le tableau de conformité du lot.

4 points

Échantillon du lot : *brassin BLB-189*	**Résultat service qualité**	**Résultat prédiction par les malts**	**Écart accepté**	**Conformité OUI / NON**
EBC du lot	18,01	……..	±1	
Densité du lot	1,06	……..	±0,02	
Alcool potentiel du lot	9,375°	……..		
Alcool réel du lot	7,5°	……..	±0,5 °	

Tableau de conformité du lot

Conclusion :

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.