



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

CORRIGE

Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.

FABRICATION DU RHUM AGRICOLE

Partie I Génie des Procédés et Génie Industriel (50 points)

1. Étude du procédé (20 points)

1.1. Compléter le schéma de principe donné en **ANNEXE 2** (à rendre avec la copie). Indiquer les opérations unitaires, les repères d'appareils, les paramètres ainsi que les flux de matière. (0,25 pt x 28 = 7 pts)

1.2. Opération de broyage – extraction.

Citer trois paramètres qui influencent l'extraction du jus de la canne à sucre.

(0,5 pt x 3 = 1,5 pt)

Débit d'alimentation, vitesse du broyeur, quantité d'eau d'aspersion, humidité du produit, taux de réduction souhaité...

1.3. L'opération de clarification est réalisée dans uneessoreuse centrifuge.

Compléter le schéma de l'**ANNEXE 3** (à rendre avec la copie). (0,5 pt x 5 = 2,5 pts)

1.4. L'opération de distillation est réalisée dans une colonne de distillation en continu.

1.4.1 Compléter le schéma de l'**ANNEXE 4**. (0,5 pt x 6 = 3 pts)

1.4.2 Citer deux paramètres qui influencent la distillation. (1 pt x 2 = 2 pts)

Température d'ébullition des constituants, débits d'alimentations, titre alcoolimétrique...

1.5. Étude des opérations unitaires : compléter le tableau de l'**ANNEXE 5**.

(8 x 0,5 pt = 4 pts)

2. Bilan matière (12 points)

2.1. À l'issue du broyage, on récupère 16 % de bagasse et 84 % de jus sucré.

Calculer les masses en kg de chaque constituant obtenu à partir d'une tonne de canne à sucre. (1 pt)

1 000 kg de canne à sucre contiennent 840 kg de jus et 160 kg de bagasse

2.2. Le jus sucré contient 33 % d'eau.

Calculer les masses d'eau et de sucre contenues dans le jus et en déduire le pourcentage de sucre contenu dans la matière première canne à sucre. (2 pts)

▪ **Dans les 840 kg de jus, on trouve $0,83 \times 840 = 697,2$ kg d'eau**

$840 \times 0,17 = 142,8$ kg de sucre (1 pt)

▪ **% de sucre dans la canne à sucre : $142,8 / 1\ 000 = 0,143$ soit 14,3 % (1 pt)**

**BACCALAURÉAT PROFESSIONNEL
BIO-INDUSTRIES DE TRANSFORMATION
Session 2010**

CORRIGÉ

E2 - Étude de fabrication

Coefficient : 5 Durée : 4 h 00

Repère : 1006BIOT-COR

Ce corrigé comporte 12 pages

Page 1/12

2.3. La cuve de fermentation d'une capacité de 20 m^3 fournit du vin qui va subir une distillation.

Calculer sur la copie :

- la masse totale en alimentation. (1 pt)

La masse volumique du mélange est de 988 kg/m^3 , le volume du mélange est de 20 m^3 donc masse totale $988 \times 20 = 19\,760 \text{ kg}$

- la masse d'alcool en alimentation. (1 pt)

Le titre massique en alcool est de 5 donc masse d'alcool $0,05 \times 19\,760 = 988 \text{ kg}$

- la masse d'eau en alimentation. (1 pt)

Masse d'eau = masse totale - masse d'alcool soit $19\,760 - 988 = 18\,772 \text{ kg}$

Le rendement de la distillation étant de 90 %, calculer :

- la masse d'alcool du distillat. (1 pt)

Le rendement en alcool est de 90 %. Masse d'alcool extrait / masse totale d'alcool = 0,9 soit $0,9 \times 988 = 889,2 \text{ kg}$ d'alcool extrait dans le distillat.

- la masse totale du distillat. (1 pt)

$1,1 \times 860 = 946 \text{ kg}$

En déduire le titre massique en alcool du culot. (3 × 1 = 3 pts)

Masse totale du culot : $19\,760 - 946 = 18\,814 \text{ kg}$

Masse d'alcool : $988 - 889,2 = 98,8 \text{ kg}$

Titre massique : $98,8 / 18\,814 = 0,005$ soit 0,5 %

Compléter les cases de l'ANNEXE 6. (ensemble cases complétées = 1 pt)

3. Bilan énergétique (10 points)

On pasteurise le jus avant fermentation dans un échangeur alimenté à contre-courant.

Température d'entrée du jus : $20 \text{ }^\circ\text{C}$

Température de sortie du jus : $80 \text{ }^\circ\text{C}$

Température d'entrée de l'eau chaude : $100 \text{ }^\circ\text{C}$

- 3.1. Citer un type d'échangeur pouvant être utilisé dans ce process. (1 pt)

On peut utiliser un échangeur tubulaire, plutôt qu'un échangeur à plaques plus délicat à utiliser (risques d'incrustations).

- 3.2. Calculer la température de sortie de l'eau chaude après son passage dans l'échangeur. (4 pts)

$$Qm_{\text{eau}} \times C_2 \times (T_{\text{entrée}} - T_{\text{sortie}}) = Qm_{\text{jus}} \times C_1 \times (T_{\text{sortie}} - T_{\text{entrée}})$$

$$(6 \times 1\,000) \times 4,18 \times (100 - x) = (5 \times 1\,060) \times 4,3 \times (80 - 20)$$

$$100 - x = 54,52$$

$$x = 45,48 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 3.3. Calculer la puissance thermique de l'échangeur. (1 pt)

$$Qm_{\text{jus}} \times C_1 \times \Delta\theta = 379,83 \text{ kJ/s soit } 380 \text{ kW ou } 380\,000 \text{ W}$$

$$P = 380 \text{ kW} = 380\,000 \text{ W}$$

3.4. Calculer l'écart moyen logarithmique DTLM. (2 pts)

$$A = 45.48 - 20$$

$$A = 25.48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$B = 100 - 80$$

$$B = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$DTLM = 25.48 - 20 / \ln (25.48 / 20)$$

$$DTLM = 5.48 / \ln 1,274$$

$$DTLM = 5,48/ 0,242$$

$$DTLM = 22.63 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.5. Calculer la surface de l'échangeur utilisé. (2 pts)

$$P = K \times S \times DTLM$$

$$S = P/K \times DTLM$$

$$S = 380\ 000 / (1\ 500 \times 22.63)$$

$$S = 11,19 \text{ m}^2$$

On donne :

Débit du jus de canne à sucre : $5 \text{ m}^3/\text{h}$

Capacité calorifique du jus de canne $C_1 = 4,3 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$

Masse volumique jus de canne à sucre : 1060 kg/m^3

Capacité calorifique de l'eau $C_2 = 4,18 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C}$

Débit d'eau chaude : $6 \text{ m}^3/\text{h}$

Masse volumique de l'eau : 1000 kg/m^3

$K = 1500 \text{ W/m}^2.\text{ }^\circ\text{C}$

$$DTLM = \frac{A - B}{\ln \frac{A}{B}} \quad P = K \cdot S \cdot DTLM$$

4. Régulation (8 points)

Une boucle de régulation est installée sur le circuit d'eau chaude de l'échangeur permettant la pasteurisation du jus.

4.1. Représenter sur l'ANNEXE 7 la boucle de régulation de la température et les flux de produits. (3 pts)

4.2. Nommer la grandeur réglante et la grandeur réglée. (2 pts)

Grandeur réglante Y: débit d'eau chaude.

Grandeur réglée X : température de sortie du jus.

4.3. Citer deux grandeurs perturbatrices de cette boucle de régulation. (2 pts)

Débit d'entrée du jus, température d'entrée du jus.

4.4. Justifier l'utilisation d'une régulation PID sur ce procédé. (1 pt)

Le chauffage doit être continu et précis.

Partie II Sciences et techniques des bio-industries (50 points)

1. Étude de la matière première (7 points)

La composition de la canne à sucre est donnée en ANNEXE 8. Comme la betterave, elle permet d'obtenir le sucre de consommation courante.

- 1.1 Nommer le principal glucide présent dans la canne à sucre. (1 pt)

Saccharose.

- 1.2 Une fois récoltée, la canne à sucre, comme la plupart des végétaux, doit être rapidement acheminée vers la sucrerie pour être transformée.

- 1.2.1 Citer une altération rencontrée lorsque les tissus végétaux sont lésés. (2 pts)

Brunissement enzymatique.

- 1.2.2 Indiquer deux précautions pour limiter cette altération. (2 pts)

Limiter les délais de transformation, limiter l'aération.

- 1.2.3 Préciser le type de molécules mises en jeu dans cette réaction. (1 pt)

Composés phénoliques.

- 1.2.4 Indiquer le type de molécules qui activent cette réaction. (1 pt)

Les enzymes.

2. Transformation de la matière première (22 points)

- 2.1 La pasteurisation : avant fermentation, le jus est pasteurisé pendant 4 minutes à 80 °C.

- 2.1.1. Définir l'opération de pasteurisation. (2 pts)

Opération unitaire de stabilisation par la chaleur ($T < 100$ °C) ayant pour but la destruction des micro-organismes pathogènes sous forme végétative et entraînant une réduction de la flore banale.

- 2.1.2. Donner l'intérêt de la pasteurisation du jus de canne avant la fermentation. (1 pt)

Permettre la destruction de la flore endogène et éviter des accidents de fermentation.

- 2.1.3 Le micro-organisme de référence pour cette pasteurisation est une levure avec les caractéristiques suivantes : $D_{70^{\circ}\text{C}} = 5$ min et de $Z = 10$ °C.

- 2.1.3.1 Donner la définition de $D_{70^{\circ}\text{C}}$ et de Z . (1 pt)

**$D_{70^{\circ}\text{C}}$: durée de réduction décimale à 70 °C : temps nécessaire de chauffage à 70 °C pour diviser par un facteur 10 une population donnée.
 Z : augmentation de température permettant de diviser par 10 le temps de chauffage pour une population donnée (pour une même efficacité).**

- 2.1.3.2 Expliquer l'expression : « micro-organisme de référence ». (2 pts)

Micro-organisme pathogène pouvant être présent dans le produit et ayant comme caractéristique d'être relativement thermorésistant. Si ce micro-organisme est détruit, alors les autres, moins thermorésistants, le sont aussi.

- 2.1.3.3 Calculer la valeur pasteurisatrice de ce traitement. (2 pts)

$$VP_{70^{\circ}\text{C}} = 4 \times 10^{\frac{80 - 70}{10}} \quad VP = 40 \text{ min}$$

2.1.3.4 Calculer le facteur de réduction décimale (n). (1 pt)

$$VP = n \times D_T$$
$$n = 40 / 5 \text{ donc } n = 8$$

2.1.3.5 La contamination initiale est de 10 000 000 micro-organismes /ml de jus.

Calculer la population restante après traitement. (2 pts)

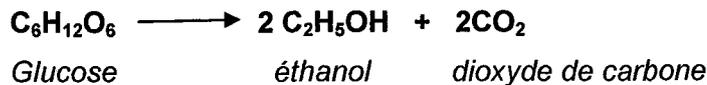
$$N_0 = 10^7 \text{ micro-organismes /ml } n = 8 \text{ donc } N = 0,1 \text{ micro-organismes/ml.}$$

2.2. **La fermentation** : Après pasteurisation, le jus de canne est additionné de levures. La fermentation se déroule dans des cuves inox pendant 24 heures. On obtient un vin de canne titrant 5 % massique en alcool.

2.2.1. Nommer l'espèce de levure mise en cause dans cette fermentation. (1 pt)

Saccharomyces cerevisiae.

2.2.2. Écrire la réaction équilibrée de fermentation en nommant les substrats et les produits. (3 pts)



2.2.3. Citer quatre facteurs influençant le déroulement d'une fermentation industrielle.

Température, nature et concentration du milieu de fermentation, pH, agitation. (4 × 0,5 pt = 2 pts)

2.2.4. Compléter le tableau en ANNEXE 9 présentant deux autres fermentations alimentaires. (8 × 0,5 pt = 4 pts)

3. Contrôles en cours et en fin de fabrication : (11 points)

3.1. À réception des cannes à sucre, on contrôle le pH et la teneur en sucre.

3.1.1. Citer une méthode permettant de contrôler le pH de ce produit. (1 pt)

Par pHmétrie.

3.1.2. Définir le degré brix et citer l'appareil utilisé pour le mesurer. (2 pts)

1°Brix = 1 % de matière sèche = 1 g de matière sèche dans 100 g de produit.

Réfractomètre.

3.2. Les produits alimentaires sauf réglementation spécifique, font l'objet d'une DLC ou d'une DLUO.

3.2.1. Donner la signification des sigles DLC et DLUO. (2 pts)

DLC : Date Limite de Consommation

DLUO : Date Limite d'Utilisation Optimale

3.2.2. Citer deux produits pour chaque catégorie et justifier.

(3 pts : 2 x [0,5 pt nom + 1 pt justification])

Conserves appertisées, produits secs **DLUO car le traitement thermique pour la conserve a détruit les micro-organismes et leurs spores. Pour les fruits secs, l' A_w étant faible, le développement des micro-organismes sera réduit.**

Produits laitiers frais, plats cuisinés pasteurisés **DLC car des micro-organismes pathogènes peuvent se développer.**

3.2.3. Expliquer pourquoi la réglementation ne prévoit pas l'application d'une DLC ou DLUO pour le rhum. (1 pt)

Produit spiritueux dont le titre est supérieur à 18 %

3.3. Un contrôle sur le produit fini est la conformité de l'étiquetage.

Citer quatre mentions obligatoires figurant sur l'étiquetage des produits alimentaires.

- **Dénomination de vente** (4 x 0,5 pt = 2 pts)
- **Composition**
- **Adresse du fabricant**
- **Quantité nette**
- **N° lot**

4. Qualité du produit et hygiène de la fabrication (10 points)

4.1. Dans cette installation, l'ensemble des matériels est nettoyé grâce à un système de NEP.

4.1.1. Donner la signification du signe NEP. (1 pt)

Nettoyage en place.

4.1.2. Justifier l'utilisation du NEP pour ces installations. (1 pt)

Traitement des liquides et appareils non démontables.

4.1.3. Indiquer les deux familles de souillures à éliminer lors d'un nettoyage.

Préciser le type de solution détergente à utiliser pour chaque famille.

(2 pts = 2 x 1 pt ligne complète)

Souillure minérale : détergent acide

Souillure organique : détergent alcalin.

4.1.4. Indiquer les quatre paramètres qui ont un rôle déterminant sur l'efficacité du nettoyage. (2 pts = 4 x 0,5 pt)

Température, temps de contact, concentration en produits de nettoyage, Action mécanique

4.1.5. Donner le rôle de la désinfection qui doit être réalisée après le nettoyage. (1 pt)

La désinfection élimine les micro-organismes.

4.2. Certains produits issus de la canne à sucre portent l'indication AB.

4.2.1. Indiquer la signification du sigle AB.

Agriculture Biologique (1 pt)

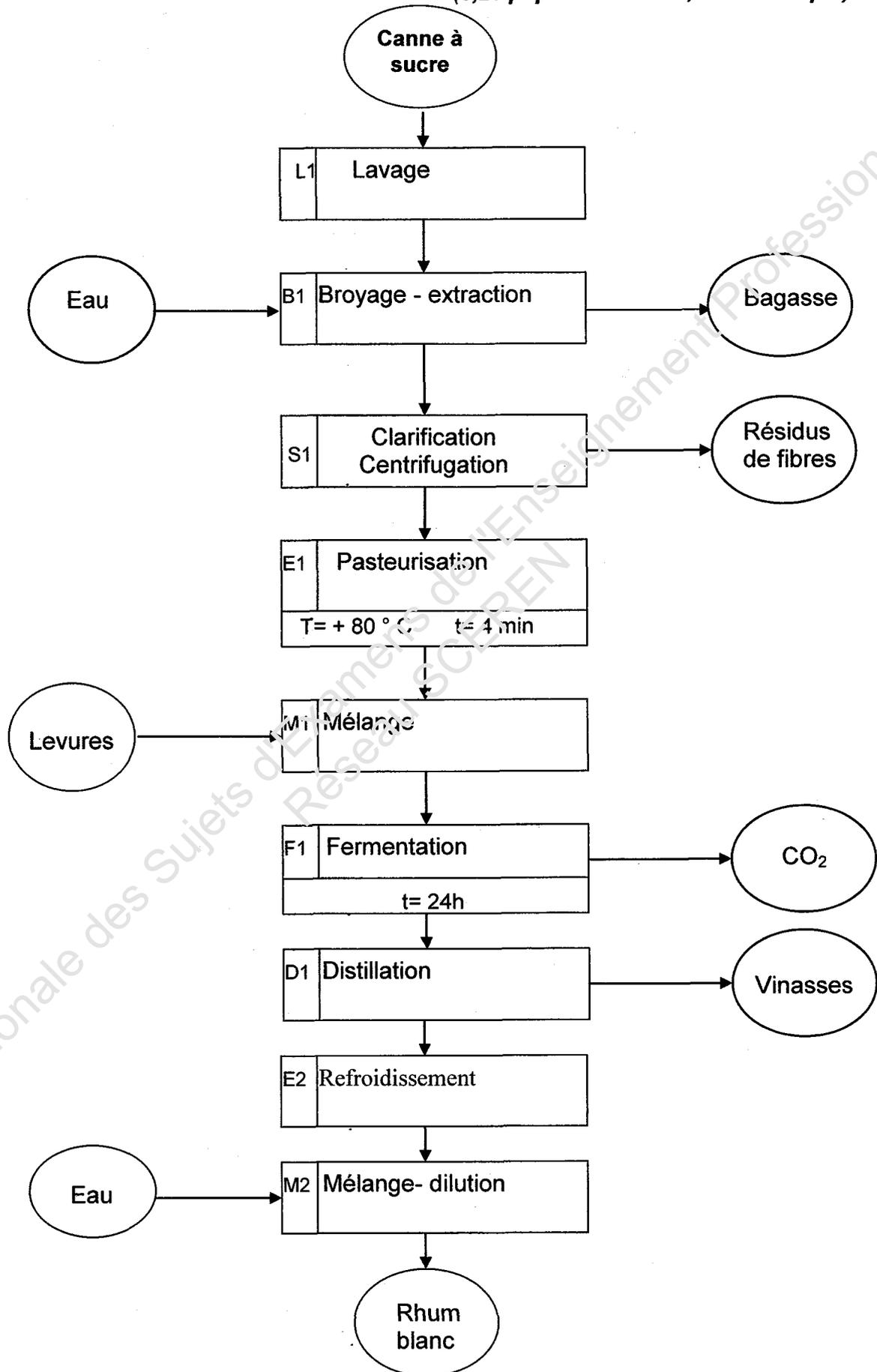
4.2.2. Citer deux exigences devant figurer dans le cahier des charges d'un sucre de canne portant la mention AB. (2 pts = 2 x 1 pt)

Utilisation de produits phytosanitaires agréés en AB pour la culture de la canne – Pas de contact avec des produits non bio pendant la transformation.

ANNEXE 2

(À rendre avec la copie)

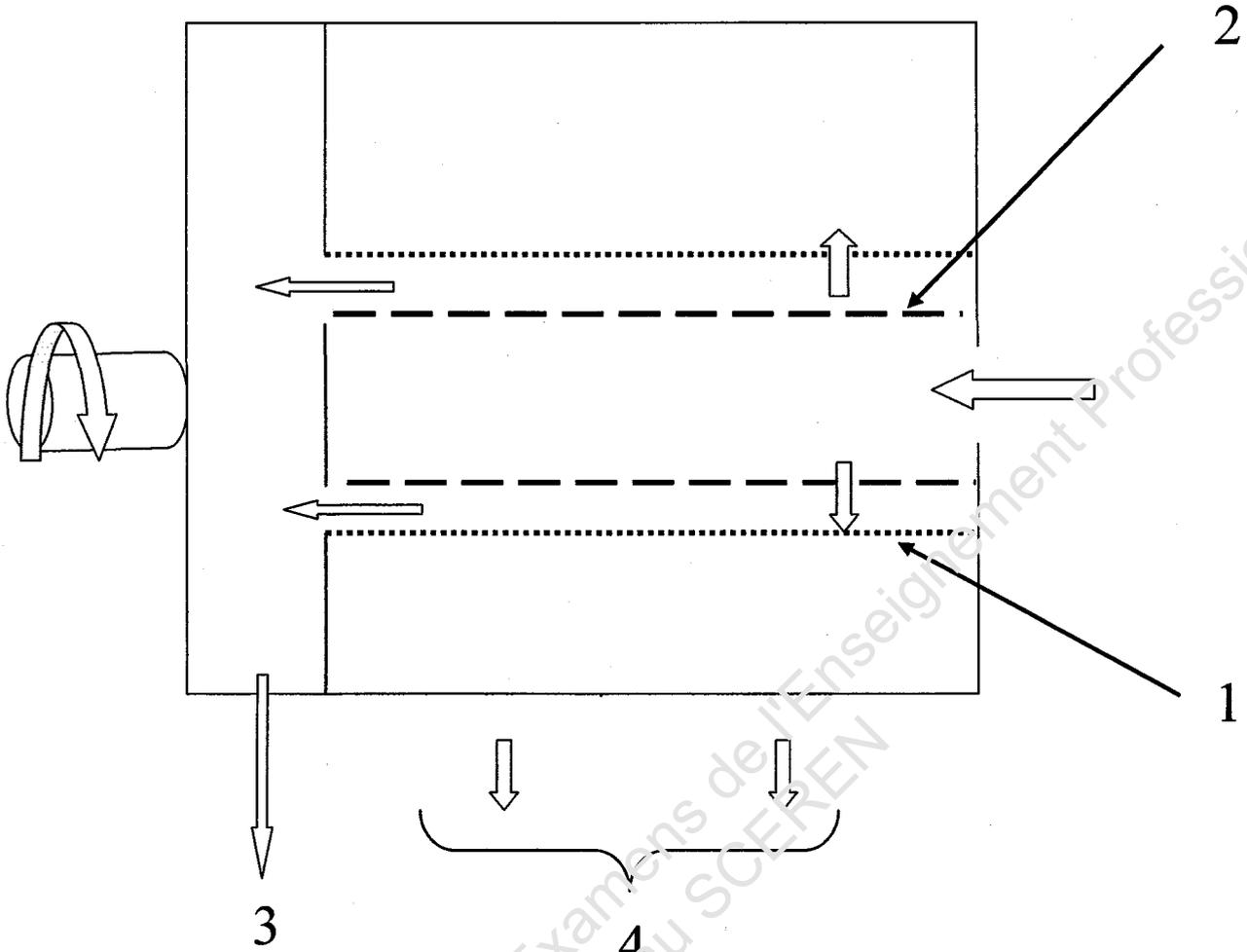
(0,25 pt par case soit $0,25 \times 28 = 7$ pts)



ANNEXE 3

(À rendre avec la copie)

ESSOREUSE CENTRIFUGE



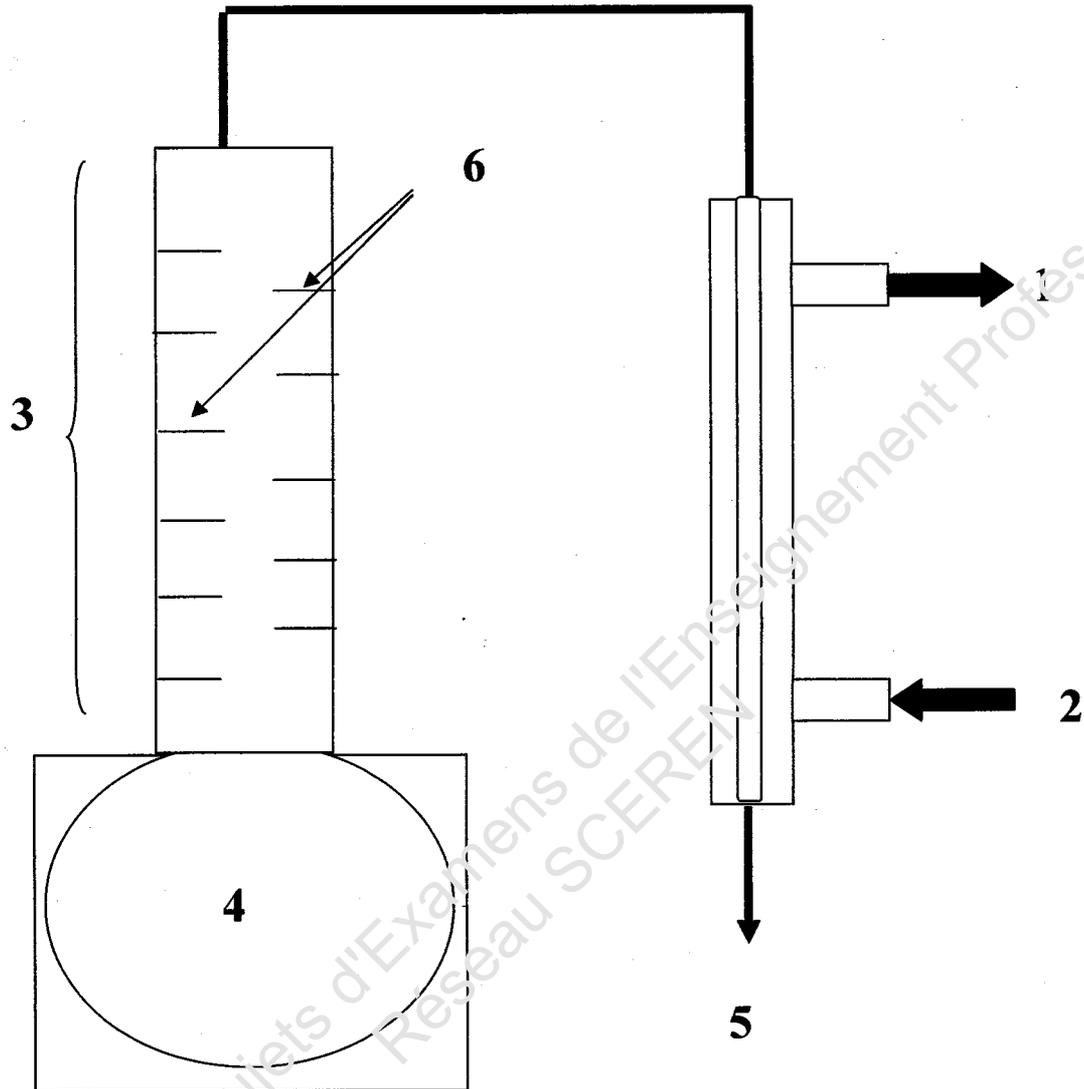
(5 x 0,5 pt = 2,5 pts)

N°	Légende
1	Grille fine
2	Alimentation
3	Sortie boues
4	Sortie jus clair
5	Grille large

ANNEXE 4

(À rendre avec la copie)

DISTILLATION SIMPLE



(6 x 0,5pt = 3 pts)

N°	ÉLÉMENTS
1	Sortie fluide réfrigérant
2	Entrée fluide réfrigérant
3	Colonne de distillation
4	Bouilleur
5	Sortie distillat
6	Plateau de distillation

ANNEXE 5

(À rendre avec la copie)

LES OPÉRATIONS UNITAIRES DE LA FABRICATION DU RHUM BLANC

(8 x 0,5 pt = 4 pts)

Opérations Unitaires	Définition	Rôles	Matériel
Broyage extraction	Fragmenter, déchiqueter les fibres.	Récupération du jus sucré présent dans la canne solide	Broyeur à couteaux
Séparation S/L ou Centrifugation	Séparer la phase liquide de la phase solide par la force centrifuge	Extraire le jus clarifié en vue de la fermentation.	Essoreuse centrifuge
Distillation	Séparation des constituants eau/alcool	Obtenir une solution concentrée en alcool (distillat)	Colonne à distiller

ANNEXE 6

(À rendre avec la copie)

BILAN MATIÈRE DE LA DISTILLATION

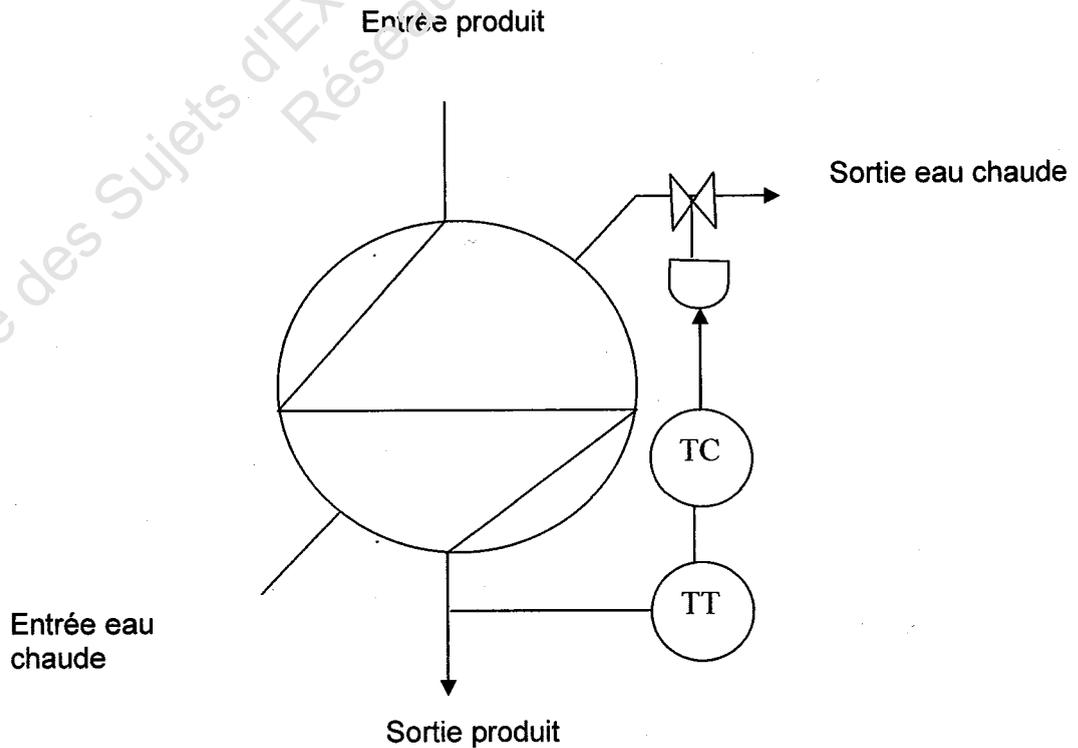
(L'ensemble des cases complétées donne 1 pt)

	Alimentation	Distillat	Culot
V total mélange (m ³)	20	1,1	
Masse alcool (kg)	988	889,2	98,8
Masse d'eau (kg)	18 772		
Masse totale (kg)	19 760	948	18 814
Titre massique (%)	5	70	0,5
Masse volumique (kg/m ³)	988	860	

ANNEXE 7

RÉGULATION

(3 pts)



ANNEXE 8

(À rendre avec la copie)

COMPOSITION DE LA CANNE À SUCRE

Eau	70 %
Fibres	13 %
Glucides	14 %
Substances autres (sels minéraux, vitamines)	3 %

ANNEXE 9

LES FERMENTATIONS ALIMENTAIRES

(8 x 0,5 pt = 4 pts)

Nom de la fermentation	Micro-organismes responsables	Substrat(s)	Produits principaux	Exemples
Fermentation lactique	Bactéries lactiques	Lactose ou glucose	Acide lactique	Yaourt, choucroute
Fermentation acétique	Acétobacter	Éthanol	Acide acétique	Vinaigre