SESSION 2019
Antilles - Guyane - Polynésie

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
E8 SCIENCES DE LA MATIÈRE

Série : STAV

Durée : 120 minutes

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

Le sujet comporte 6 pages

PARTIE A : La fabrication d'un jus frais de canne à sucre ..... 2,5 points
PARTIE B : La fabrication du rhum et ses contrôles de qualité ..... 11,5 points
PARTIE C : La ligne d'embouteillage du rhum ..... 3,5 points
PARTIE D : La valorisation de la bagasse ..... 2,5 points

L'annexe A est à rendre avec la copie après avoir été numérotée

---

SUJET

LA CANNE À SUCRE ET SES DÉRIVÉS

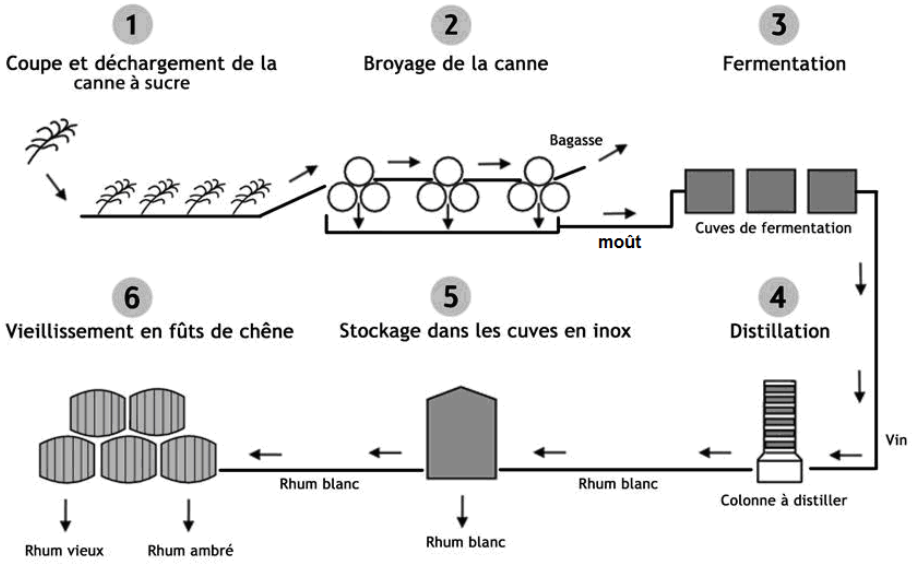
La canne à sucre est une herbe géante tropicale de la famille des graminées, dont la tige a la particularité de stocker un sucre cristallisable, le saccharose. La transformation industrielle de ses tiges en sucre et en rhum est sa principale utilisation. Mais l'imposante masse végétale de cette plante est également convertible en énergie : combustible, charbon, biocarburant.

d'après Cirad

La filière canne à sucre a une importance économique et sociale décisive pour le département de la Martinique. Elle est principalement orientée vers la production de rhum, pour l'essentiel du rhum agricole bénéficiant de l'AOC « Rhum agricole de Martinique ».

http://daaf.martinique.agriculture.gouv.fr

Le schéma suivant décrit les étapes de la coupe de la canne à sucre au rhum :



D'après http://www.severinrhum.com

PARTIE A : La fabrication d'un jus frais de canne à sucre *(2,5 points)*

Un transformateur de cannes à sucre de Martinique souhaite pasteuriser 600 litres de jus de canne à sucre selon la méthode indiquée dans le **document A1.**
Son atelier de transformation est à une température ambiante de 25°C.

A.1. Vérifier que la masse de jus de canne à pasteuriser est de 624 kg.

A.2. Montrer que la valeur de l'énergie thermique Q nécessaire pour réaliser la pasteurisation est d'environ 137 MJ.

A.3. Déterminer la valeur de la puissance thermique reçue par le jus lors de cette opération.

PARTIE B : La fabrication du rhum et ses contrôles de qualité *(11,5 points)*

Critères de qualité du jus de canne à sucre

Lors du procédé industriel de transformation du rhum, le passage des cannes à sucre dans un broyeur permet d'extraire des tiges un jus riche en saccharose. Ce jus fait au préalable l'objet d'un contrôle de qualité, comme indiqué dans le **document B1.**
Le laboratoire d'une distillerie de rhum AOC de Martinique analyse un jus de cannes fraîchement récoltées. La concentration en ions oxonium H_3O^+ de ce jus est égale à $9{,}8 \times 10^{-6}$ mol.L^{-1} et son pourcentage massique en saccharose est de 15,5 %.

B.1. Préciser, en justifiant la réponse, si ce jus répond aux critères analytiques du cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Rhum de la Martinique » en ce qui concerne le pH et la richesse en sucre.

Composition du jus de canne à sucre

Le jus de canne est composé d'eau, de saccharose, de sucres réducteurs tels que le glucose et le fructose et d'autres composants organiques et inorganiques.

En s'appuyant sur le **document B2** :

B.2. Recopier et nommer les deux fonctions chimiques qui distinguent les molécules de glucose et de fructose.

B.3. Établir la formule brute des molécules de glucose et de fructose.

B.4. Le glucose et le fructose sont des molécules isomères. Donner la signification de ce terme.

B.5. On réalise un test à la liqueur de Fehling sur trois solutions aqueuses. Les résultats sont les suivants :

Solution aqueuse	Saccharose jus frais	Glucose	Saccharose chauffé à 100°C en milieu acide
Résultat du test à la liqueur de Fehling	La solution reste bleue	Précipité de couleur rouge brique	Précipité de couleur rouge brique

B5.1. Préciser le matériel utilisé lors du test à la liqueur de Fehling.

B5.2. Interpréter les résultats observés pour ce test dans les trois cas présentés.

Fermentation alcoolique

À l'issue du broyage, le jus de canne collecté est stocké dans une cuve de fermentation. Sous l'action de levures, les molécules de glucides (glucose, fructose…) sont dégradées pour former l'alcool ou éthanol (CH_3-CH_2OH) présent dans le rhum. Cette fermentation s'accompagne d'une production de dioxyde de carbone.

B.6. Écrire l'équation de la fermentation alcoolique du glucose, en ajustant les nombres stœchiométriques.

Dosage de l'éthanol dans le rhum

Suite à cette fermentation, une distillation est opérée afin d'obtenir le rhum. Pour contrôler le degré d'alcool dans le rhum avant commercialisation, le laboratoire effectue un dosage d'oxydo-réduction dont le principe et le protocole sont exposés dans le **document B3.**

B.7. Donner la signification du pictogramme de l'acide sulfurique.

B.8. Donner, en justifiant la réponse, les équipements de protection individuelle (EPI) à posséder lors de l'utilisation de l'acide sulfurique concentré.

B.9. Justifier que la quantité de matière n_1 d'éthanol contenue dans l'échantillon de rhum dilué a pour expression : $n_1 = 3/2 \times C_2 \times V_{2E}$.

B.10. Montrer que la concentration molaire C_{rhum} en éthanol dans l'échantillon de rhum non dilué est environ égale à 7,8 $mol.L^{-1}$.

B.11. Calculer le degré alcoolique du rhum analysé.

B.12. Indiquer si le rhum analysé vérifie le cahier de charges de l'appellation d'origine contrôlée « Rhum de la Martinique » du **document B1.**

PARTIE C : La ligne d'embouteillage du rhum *(3,5 points)*

Le rhum après vieillissement en fûts de chêne est mis en bouteilles sur une ligne d'embouteillage munie d'un tapis roulant. Les positions successives de la bouteille de rhum sont représentées dans l'**Annexe A,** jointe au sujet.

C.1. Déterminer la valeur de la vitesse instantanée v_2 de la bouteille de rhum, lorsqu'elle est située au point M_2 et représenter le vecteur vitesse correspondant sur l'**Annexe A (à rendre avec la copie).**

C.2. Indiquer la nature du mouvement de la bouteille de rhum en justifiant la réponse.

C.3. Énumérer les forces s'exerçant sur une bouteille, puis établir, en la justifiant, la relation vectorielle entre ces forces.

PARTIE D : La valorisation de la bagasse *(2,5 points)*

La bagasse, résidu fibreux composé essentiellement de celluloses et de lignine, est issue de la première étape d'extraction du sucre par broyage de la canne.
La bagasse est utilisée comme combustible dans la centrale Galion 2, première centrale de cogénération 100 % biomasse de Martinique. Elle est implantée juste à côté de la sucrerie du Galion et permet de produire une énergie électrique égale à 255 GWh par an. Son rendement électrique est estimé à 35 %.

D.1. Montrer que la quantité d'énergie à apporter sous forme de biomasse pour le fonctionnement annuel de la centrale Galion 2 est de $2{,}62 \times 10^{12}$ kJ.

D.2. En exploitant les données fournies dans le **document D1**, montrer que la production de bagasse générée par l'industrie de la canne à sucre en Martinique ne permet pas de couvrir les besoins en biomasse de cette centrale.

D.3. Proposer deux exemples de biomasse qui pourraient être utilisées dans la centrale.

DOCUMENT A1

Méthode de fabrication du jus de canne à sucre frais selon BHUPINDER et al. (1991) :
(1) broyage des tiges de canne afin d'extraire le jus de canne à sucre frais ;
(2) addition de jus de citron (3 %) et de gingembre (1 %) ;
(3) pasteurisation du jus à 80 °C pendant 10 minutes ;
(4) addition de 70 ppm/L de SO_2 ;
(5) embouteillage puis stérilisation pendant 30 minutes

http://transfaire.antilles.inra.fr

Données :
Masse volumique du jus de canne à sucre : $\rho = 1{,}04\ kg.L^{-1}$
Capacité thermique massique du jus de canne à sucre : $C = 4\ kJ.kg^{-1}.°C^{-1}$
Expression de l'énergie thermique échangée lors d'un changement de température :

$$Q = m \times c \times (\theta_{finale} - \theta_{initiale})$$

DOCUMENT B1

Selon le cahier des charges de l'appellation d'origine contrôlée « Rhum de la Martinique »
(décret n°2015-178 du 16 février 2015 - JORF du 17 février 2015) :
Critères analytiques du jus de canne :
Les jus extraits des cannes présentent les valeurs suivantes :
- richesse en saccharose supérieure ou égale à 14°Brix ;
- pH supérieur ou égal à 4,7.

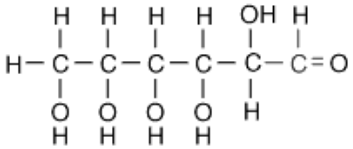
Les valeurs du brix et du pH se calculent sur la moyenne des chargements de la journée issus de la même parcelle.
Les rhums à appellation d'origine contrôlée « Martinique » doivent présenter un titre alcoométrique volumique (ou degré alcoolique) supérieur ou égal à 40 degrés (ou 40 % volumique).

http://www.franceagrimer

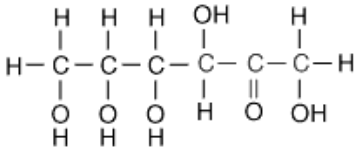
Remarque :
1° Brix correspond à 1 g saccharose pour 100 g de solution soit 1% massique en matière soluble.

DOCUMENT B2

Formules développées des molécules de glucose et de fructose :



Glucose



Fructose

Réaction d'hydrolyse du saccharose (à chaud et en présence d'acide) :

Saccharose + H_2O → Glucose + Fructose

DOCUMENT B3

Principe du dosage d'oxydoréduction :

On dose le rhum (incolore) par une solution acidifiée de dichromate de potassium. L'éthanol CH_3CH_2OH réagit avec l'ion dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ selon l'équation chimique suivante :

$$2\ Cr_2O_7^{2-} + 3\ CH_3CH_2OH + 16\ H^+ \rightarrow 4\ Cr^{3+} + 3\ CH_3COOH + 11\ H_2O$$

Protocole du dosage :

On **dilue 10 fois** l'échantillon de rhum considéré.

Dans un erlenmeyer de 250 mL, on introduit un volume V_1 = 20,0 mL de **rhum dilué** de concentration inconnue C_1 en éthanol ainsi que quelques millilitres d'acide sulfurique concentré.

A l'aide d'une burette graduée, on verse dans l'erlenmeyer une solution de dichromate de potassium de concentration en ions dichromate $C_2 = 5{,}0 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}.

L'équivalence est obtenue après avoir versé V_{2E} = 20,7 mL de solution.

Pictogramme de l'acide sulfurique concentré :



Degré alcoolique (titre alcoométrique) :
Un rhum de 1° correspond à une concentration molaire en éthanol de $1{,}7 \times 10^{-1}$ mol.L^{-1}.

DOCUMENT D1

Production annuelle de canne à sucre de la Martinique : environ 200 000 tonnes.

Une tonne de canne produit environ 300 kg de bagasse qui a une valeur calorifique de 7 900 kJ.kg^{-1}.

1 GW.h = 10^9 W.h

1 W.h = 3 600 J

1 tonne = 10^3 kg

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

NOM :

(EN MAJUSCULES)
Prénoms :

Date de naissance :

EXAMEN :

Spécialité ou Option :

EPREUVE :

Centre d'épreuve :

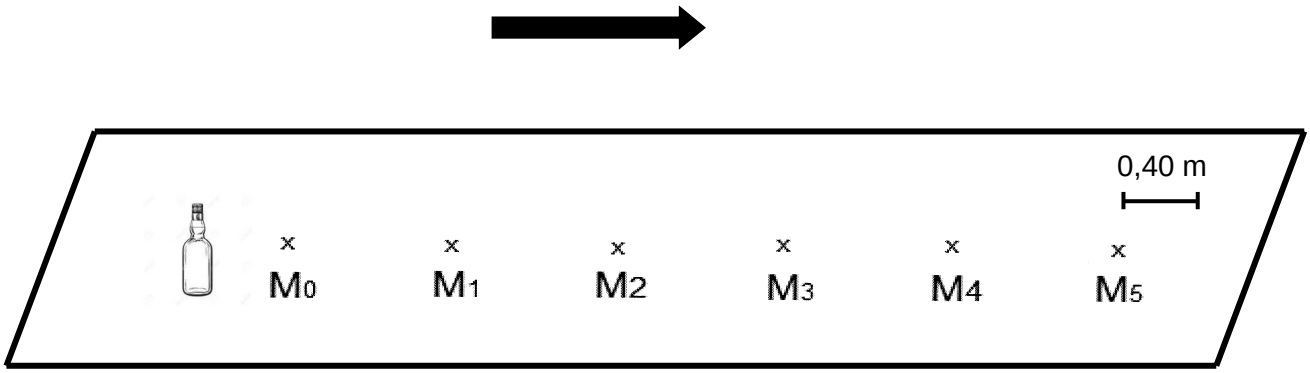
Date :

N° ne rien inscrire

N° ne rien inscrire

ANNEXE A ***(à compléter, numéroter et à rendre avec la copie)***

Partie C : Déplacement des bouteilles de rhum sur le convoyeur



Échelle pour les vitesses : 1 cm représente 0,15 $m.s^{-1}$
Temps séparant deux positions successives de la bouteille : $\Delta t = 2$ s.