



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

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

session 2011

BREVET TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CHIMISTE

Génie Chimique

Durée : 3 heures

Coefficient : 3

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées 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'imprimantes.

Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.

Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.

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

Le sujet comporte 7 pages, numérotées de 1 à 7.

Les annexes, pages 6/7 et 7/7, sont à rendre avec la copie.

Le schéma peut être réalisé sur deux pages.

I. Principe

La distillation des prestations viniques prévoit l'obligation pour les producteurs de livrer à une distillerie agréée la totalité des sous-produits de la vinification (marcs et lies).

Cette législation a été reprise par la Communauté Européenne. Elle est justifiée dans la réglementation par la volonté d'interdire la pratique du surpressurage qui conduit à la production de vins de mauvaise qualité.

L'étude se propose de faire découvrir comment ces déchets peuvent être revalorisés lors de leur traitement dans une distillerie.

I. DESCRIPTION DU PROCÉDÉ

1. Traitement des marcs

On appelle marc de raisin, le résidu du pressurage des raisins frais, fermenté ou non. Il comprend les rafles, les pellicules, les pépins. Les marcs sont stockés et compactés pour éviter les fermentations aérobies.

L'extraction de l'alcool et du tartre contenus dans les marcs est effectuée par diffusion : lavage à contre-courant à l'aide d'un liquide bouillant (qui peut être de l'eau chauffée). Le liquide récupéré forme ainsi la piquette.

Les pulpes et pépins tombent par gravité dans des presses, puis sont ensuite séchés dans un tambour rotatif. Le produit sec est alors tamisé pour séparer les pulpes et les pépins.

Une partie des pulpes séchées est brûlée et ainsi recyclée en énergie, le reste est commercialisé pour l'alimentation animale et la fabrication d'engrais.

Les pépins de marcs de blanc sont utilisés pour la pharmacie, la parapharmacie et les cosmétiques : ce sont les polyphénols qui sont extraits et valorisés.

2. Traitement des lies

La lie est le dépôt des restes de fermentation dans les cuves. La piquette et la lie sont distillées à la pression atmosphérique sur des colonnes à plateaux avec de la vapeur.

Les vinasses, qui sont le produit après distillation de piquettes et de lies, sont détartrées : par addition de carbonate de calcium et de chaux, on transforme le bitartrate de potassium du raisin en cristaux insolubles de tartrate neutre de calcium. Ces cristaux sont récupérés par des hydrocyclones avant d'être séchés.

Les vinasses détartrées sont pompées vers une station de dépollution. Le procédé utilisé est la méthanisation : ce sont des bactéries qui digèrent la charge polluante et produisent du biogaz composé de 65 % de méthane et 35 % de dioxyde de carbone.

Les alcools obtenus à partir des prestations viniques bénéficient d'une aide de la Communauté Européenne qui les rachète. Ils sont utilisés principalement (à 90 %) pour la carburation, pour les alcools industriels, pour la pharmacie, et en boulangerie pour faire multiplier les levures utilisées pour la levée du pain.

Le tartrate est commercialisé vers des élaborateurs d'acide tartrique. L'acide tartrique est utilisé comme conservateur dans les boissons.

3. Indications techniques (le croquis d'implantation simplifié du procédé est fourni en page 5/7)

La vapeur issue de la chaudière alimente un rebouilleur vertical E_1 , monté en thermosiphon. Son débit est asservi à la pression différentielle. Avant d'être introduit à mi-hauteur dans la colonne de rectification continue D_1 , le mélange de piquette et de lie est monté à débit constant par une pompe centrifuge pour être préchauffé dans un échangeur horizontal E_2 (chauffe-vin) placé au-dessus de la colonne, avec circulation de vapeur, issues de D_1 , dans la calandre. D_1 est une colonne à plateaux.

Les vapeurs condensées et refroidies sont envoyées au reflux. Les vapeurs non condensées sont dirigées vers un échangeur E_3 vertical pour y être refroidies à 20 °C par de l'eau froide circulant à contre-courant. Le débit du reflux est régulé en fonction du degré alcoolique des condensats.

L'alcool récupéré est stocké dans un réservoir R_1 . La vinasse est quant à elle soutirée avec un débit maintenant constant le niveau en pied de colonne, et refroidie à 70 °C dans un échangeur horizontal E_4 alimenté par de l'eau froide, avec circulation de la vinasse dans les tubes. Elle s'écoule ensuite par gravité dans un réacteur agité R_2 . Une pompe injecte du lait de chaux dans le réacteur en fonction du pH mesuré.

Le mélange dont la cristallisation vient d'être initiée s'écoule ensuite par gravité dans un autre récipient agité R_3 , où il est refroidi à 50 °C par de l'eau froide qui circule dans une double enveloppe. Une pompe montée en aspiration est utilisée pour amener le surnageant du mélange dans un séparateur S_1 (hydrocyclone) placé au-dessus du récipient. Les cristaux redescendent dans le récipient tandis que le rejet (vinasse détarrée) est destiné au traitement de méthanisation. Dans le même temps et selon le niveau liquide atteint, les cristaux humides sont soutirés par le fond de R_3 , et, après filtration, ces cristaux sont ensuite récupérés et séchés tandis que les eaux-mères sont envoyées vers la méthanisation (filtre et séchoir ne sont pas à représenter).

II. SCHÉMA (ce schéma peut être réalisé sur deux pages pour une meilleure lisibilité)

Représenter, à l'aide des normes fournies, la partie de l'installation correspondant, dans le traitement des lies, à la distillation et à l'extraction tartrique en tenant compte des indications données ci-dessus, en respectant les règles de sécurité et en assurant le bon fonctionnement de l'installation.

III. EXERCICES

1. Étude de la distillation

On considère que le mélange qui rentre dans la colonne se comporte comme un mélange binaire éthanol-eau et on l'étudiera en tant que tel.

Les annexes II et III, pages 6/7 et 7/7, seront remises avec la copie après avoir été complétées.

1.1. On récupère après distillation de l'alcool au degré alcoolique de 92 % volumique.

Vérifier que son titre massique w_3 est égal à 0,90 et calculer son titre molaire x_3 . On effectuera les calculs en considérant que le mélange est idéal, sans tenir compte des effets de contraction de volume entre l'éthanol et l'eau.

1.2. On prendra dans cette question pour valeur du titre molaire du distillat $x_3 = 0,78$ et pour titre molaire de l'alimentation $x_1 = 0,04$. Le taux de reflux est fixé à la valeur $r = 2,9$.

Déterminer pour la colonne le nombre de plateaux théoriques dans le tronçon d'enrichissement.

1.3. Montrer que la température d'entrée des vapeurs dans le condenseur E_3 est de $78,5\text{ °C}$.

1.4. Le débit du distillat est $F_3 = 1,2 \times 10^3\text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$.

Calculer le flux thermique à évacuer au condenseur E_3 (on rappelle que les condensats sortent à 20 °C).

1.5. Calculer le débit F du fluide réfrigérant dans E_3 , sachant que l'eau de refroidissement y pénètre à 15 °C et en ressort à 50 °C .

1.6. Calculer la surface d'échange du condenseur E_3 et en déduire le nombre de tubes qu'il doit comporter.

1.7. La puissance thermique apportée au bouilleur par la vapeur issue de la chaudière est égale à $1,6 \times 10^4\text{ kW}$.

Les besoins en énergie de la chaudière qui produit la vapeur nécessaire à la distillation sont couverts à 45% par le biogaz issu de la méthanisation, le reste provenant du réseau GDF.

1.7.1. Calculer la puissance fournie par le biogaz à la chaudière sachant que le rendement globale de la chaudière est de 90% .

1.7.2. Déterminer l'énergie apportée par la combustion de $1,0\text{ m}^3$ de biogaz.

1.7.3. En déduire le volume horaire du biogaz consommé par la chaudière.

On rappelle que le biogaz est constitué de 65% de méthane et de 35% de dioxyde de carbone (on indique que seule la combustion du méthane fournit de l'énergie).

DONNÉES

- Masse molaire ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) = 46 g.mol^{-1} ; masse molaire (H_2O) = 18 g.mol^{-1}
- Masse volumique de l'éthanol à 20 °C : 790 kg.m^{-3}
- Masse volumique de l'eau à 20 °C : 1000 kg.m^{-3}
- Enthalpie massique de vaporisation de la solution à $78,5\text{ °C}$ dans E_3 : $L_{vap} = 855\text{ kJ.kg}^{-1}$
- Capacité calorifique massique du mélange refroidi dans E_3 : $c_p = 2,67\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$
- Capacité calorifique massique de l'eau liquide : $c_p = 4,18\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$
- Coefficient global d'échange dans E_3 (calculé par rapport à la surface interne des tubes) :
 $K = 139\text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- Diamètre intérieur des tubes dans E_3 : $d = 44,0\text{ mm}$
- Longueur des tubes : $L = 1,00\text{ m}$
- Pouvoir calorifique du méthane : $PC = 12,67\text{ kWh.m}^{-3}$

2. Étude de la cristallisation du tartrate neutre de calcium

Les cristaux formés sont tétrahydratés, leur formule est : $(\text{OOC-CHOH-CHOH-COO})\text{Ca}, 4\text{ H}_2\text{O}$

2.1. Calculer le titre massique w_8 en tartrate de calcium des cristaux tétrahydratés obtenus.

2.2. La solution qui arrive en R_3 est supposée ne plus contenir d'alcool ($x_5 < 0,0001$). On l'étudiera donc comme un mélange binaire, en considérant de plus qu'elle est saturée en tartrate de calcium à 70 °C . Son débit est $F_6 = 10,40 \times 10^3\text{ kg.h}^{-1}$. On rappelle que le courant F_7 est à 50 °C .

Préciser à l'aide des données fournies les valeurs des titres massiques en tartrate de calcium w_6 (pour l'alimentation de R_3) et w_7 (pour le liquide envoyé vers la méthanisation).

2.3. A l'aide des bilans global et partiel en tartrate de calcium, calculer le débit massique F_7 du liquide qui repart vers la méthanisation ainsi que le débit massique F_8 des cristaux tétrahydratés récupérés.

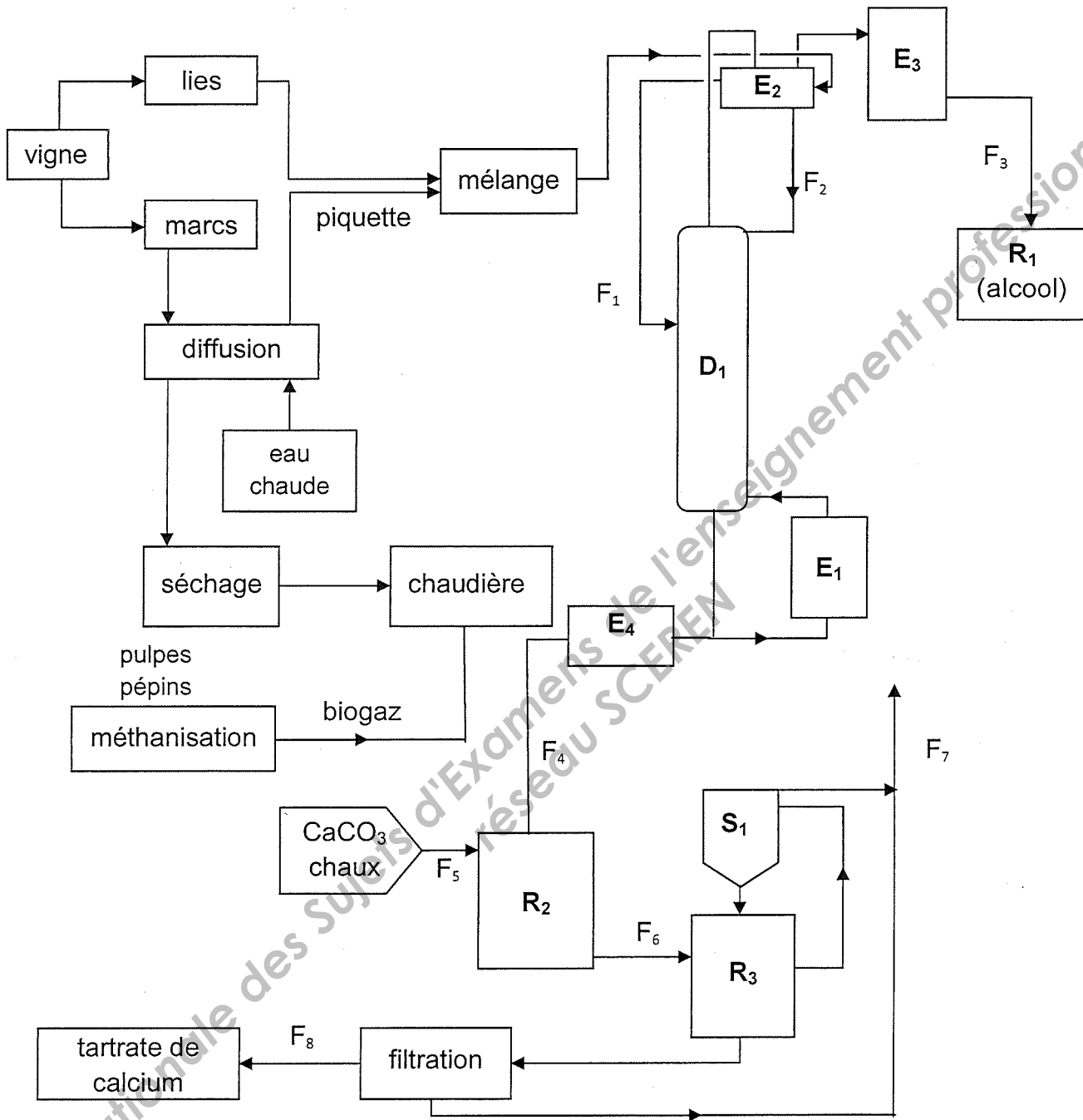
2.4. Calculer le rendement de la cristallisation.

Données :

- Masse molaire $((\text{OOC-CHOH-CHOH-COO})\text{Ca}) = 188\text{ g.mol}^{-1}$
- Masse molaire (H_2O) = $18,0\text{ g.mol}^{-1}$
- Solubilité du tartrate de calcium dans la solution à 70 °C : $25,3\text{ g}$ pour 100 g d'eau
- Solubilité du tartrate de calcium dans la solution à 50 °C : $5,4\text{ g}$ pour 100 g d'eau

ANNEXE I

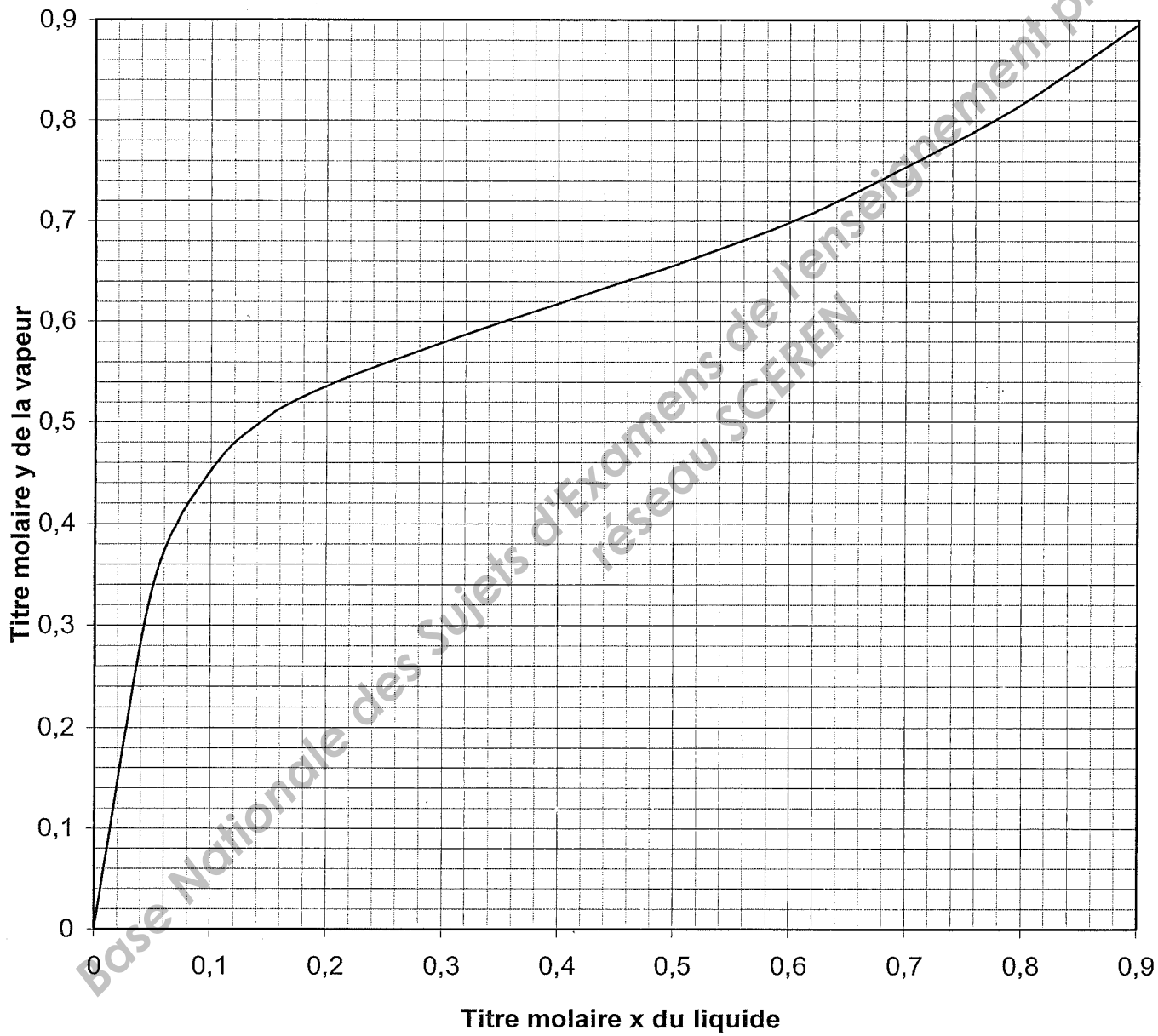
Croquis d'implantation simplifié du procédé



Académie :	Session :	Modèle EN.
Examen ou Concours	Série* :	
Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :	
Épreuve/sous-épreuve :		
NOM :		
<i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>		
Prénoms :	N° du candidat	<input type="text"/>
Né(e) le :	<i>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)</i>	

ANNEXE II
À REMETTRE AVEC LA COPIE

Courbe d'équilibre liquide-vapeur : eau-éthanol



Académie :	Session :	Modèle EN.
Examen ou Concours	Série* :	
Spécialité/option :	Repère de l'épreuve :	
Épreuve/sous-épreuve :		
NOM : <i>(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>		
Prénoms :	N° du candidat	<input type="text"/>
Né(e) le :		<i>(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)</i>

DANS CE CADRE

ANNEXE III
À REMETTRE AVEC LA COPIE

Diagramme de phases isobare du mélange éthanol-eau à P = 1 bar

