



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.

**Production d'éthanol comme carburant  
à partir de la betterave sucrière**

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL  
INDUSTRIES DES PROCÉDÉS**

**ÉPREUVE E1 . A1**

**CORRECTION**

**Session 2009**

0906 -IP ST A -C

## SOMMAIRE ET BAREMES

### Partie 1 : Compréhension du procédé : /22 points

1-1) Schéma de principe	14
1-2) Extraction du sucre	
1-2-1) la betterave	1
1-2-2) l'eau comme solvant d'extraction	1
1-2-2) l'eau chaude	1
1-3) Fermentation	
1-3-1) quantité de sucre extraite	2
1-3-2) rendement d'extraction	1
1-4) L'éthanol anhydre	2

### Partie 2 : Bilans thermiques : / 6 points

2-1) Etude de l'échangeur E1 :	6
--------------------------------	---

### Partie 3 : Bilan matière / 12 points

3-1) Débit volumique d'éthanol anhydre	2
3-2) Détermination Qm6	2
3-3) Détermination Qm1	2
3-4) Schéma bilan matière:	4
3-5) Tableau :	2

### Partie 4 : Régulation / 10

4-1) Tableau relatif au fonctionnement des boucles de régulation	4
4-2) Etude du transmetteur pneumatique	3
4-3) Régulation cascade :	3

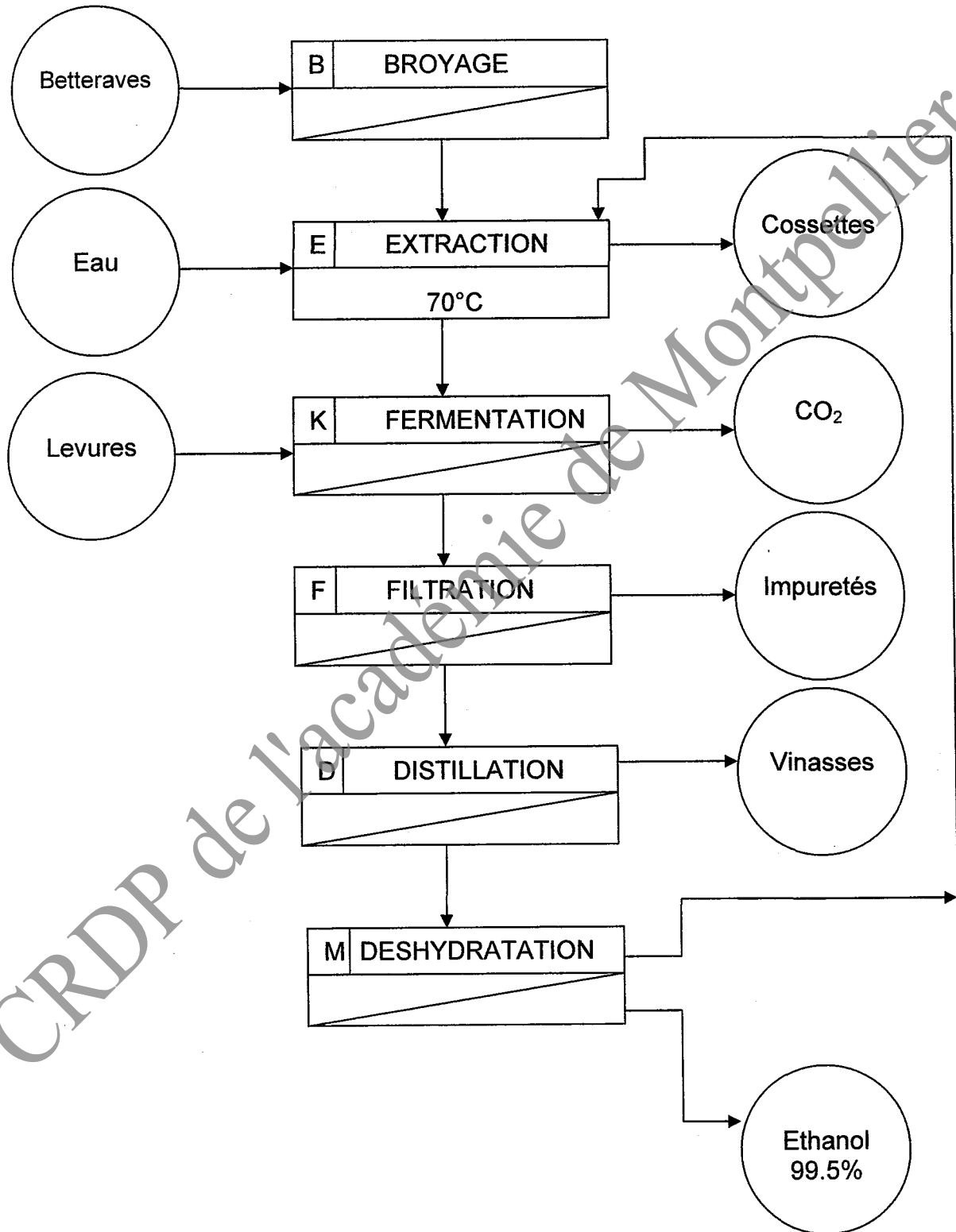
### Partie 5 : L'environnement comme enjeux / 10

5-1) Calculez les masses molaires :	2
5-2) Calculer le nombre de mole pour 1 Kg de carburant :	2
5-3) Calculer le nombre de mole de CO <sub>2</sub> produite :	2
5-4) Calculer la masse de CO <sub>2</sub> produite :	2
5-5) Analyse de la combustion des deux carburants ?	2

**Partie 1 : Compréhension du procédé :**

**1-1) Schéma de principe :**

*Renseignements écrits (Opération unitaires ; Repères appareillage ; Réactifs et produits) : 0,5pts par réponses. Fléchage et présentation : 4 points.*



BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 3/10

### 1-2) Extraction du sucre

c- Pourquoi la betterave est-elle broyée sous forme de cossette ?

Cela va permettre d'augmenter la surface de la racine en contact avec l'eau chaude et donc d'accroître la proportion de sucre récupéré.

d- Pourquoi utilise-t-on de l'eau comme solvant d'extraction dans l'industrie sucrière ?

L'eau est un bon solvant de qualité alimentaire

e- Pourquoi utilise-t-on de l'eau chaude ?

Pour augmenter la solubilité du sucre dans l'eau

### 1-3) Fermentation



a. Déterminer la quantité de sucre extraite

Calcul n éthanol produit :  $n \text{ EtOH} = 90 \cdot 10^3 / 46 = 1956,5 \text{ mol}$

D'après l'équation on a n/2 moles de  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  soit :

$m \text{ sucre} = 978,3 \cdot 180 = 176 \text{ 086 g}$

b. Calculer du rendement d'extraction

$\text{Rdt} = 176,09/1000 \cdot 100 = 17,6 \%$

1-4) Pourquoi n'est-il pas possible d'obtenir de l'éthanol anhydre (à 99,5% d'éthanol par exemple) par distillation. Justifier.

Il n'est pas possible d'obtenir de l'éthanol anhydre (à 99,5 % d'éthanol) à cause de la présence d'un mélange homoazéotrope, on ne pourra obtenir au mieux de l'éthanol à 96%.

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 4/10

## Partie 2 : Bilans thermiques :

### Etude de l'échangeur E1 :

$$Q1 = Q2$$

$$m1.Lv = m2 Cp . \Delta T$$

$$m1 = 17151 \times 4 \times (44 - 32) / 1272 = 647 \text{ Kg/h}$$

## Partie 3 : Bilan matière

### Bilan matière sur la partie déshydratation de l'alcool :

3-1) Détermination du débit journalier volumique d'éthanol à 99,5% ?

$$Qm \text{ 5 total} = 1645,8 \times 24 / 0,790 = 50 \text{ 000 l/J}$$

3-2) Détermination du débit Qm6 Ethanol :

$$Qm6 \text{ EtOH} = Qm6 \text{ Total} \times W6 / 100 = 1645,8 \times 0,995 = 1637,6 \text{ Kg/h}$$

3-3) Détermination du débit Qm1 :

Si on considère que les perméats ne contiennent pas d'éthanol alors  $W3 = W4 = W5 = 0$

Et on peut dire que  $Qm1 \text{ EtOH} = Qm2 \text{ EtOH} = Qm3 \text{ EtOH} = 1637,6 \text{ Kg/h}$

Donc  $Qm1 \text{ Total} = Qm1 \text{ EtOH} / 0,7 = 1637,6 / 0,7 = 2339,4 \text{ Kg/h}$

Et  $Qm1 \text{ H}_2\text{O} = Qm1 \text{ total} \times 0,3 = 2339,4 \times 0,3 = 701,8 \text{ Kg/h}$

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 5/10

3-4) Compléter le schéma bilan matière de la page suivante : Détails des calculs :

$$Q_{m2H_2O} = Q_{m1H_2O} * 0,1 = 701,8 * 0,1 = 70,18 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m2Total} = 1637,57 + 70,18 = 1707,8 \text{ Kg/h}$$

$$W_2 = 1637,57 / 1707,8 * 100 = 95,9 \%$$

$$Q_{m3H_2O} = Q_{m1H_2O} - Q_{m2H_2O} = 701,8 - 70,18 = 631,62 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m3Total} = 631,62 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m4H_2O} = Q_{m2H_2O} - Q_{m6H_2O} = 70,18 - 8,23 = 61,95 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m4Total} = 61,95 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m5H_2O} = Q_{m3H_2O} + Q_{m4H_2O} = 693,6 \text{ Kg/h}$$

$$Q_{m5Total} = 693,6 \text{ Kg/h}$$

CRDP de l'académie de Montpellier

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 6/10



$Q_{m1}$  Ethanol = 1637,6 Kg/h  
 $Q_{m1}$  H<sub>2</sub>O = 701,8 Kg/h  
 $W1_{\text{Ethanol}}$  = 70 % massique  

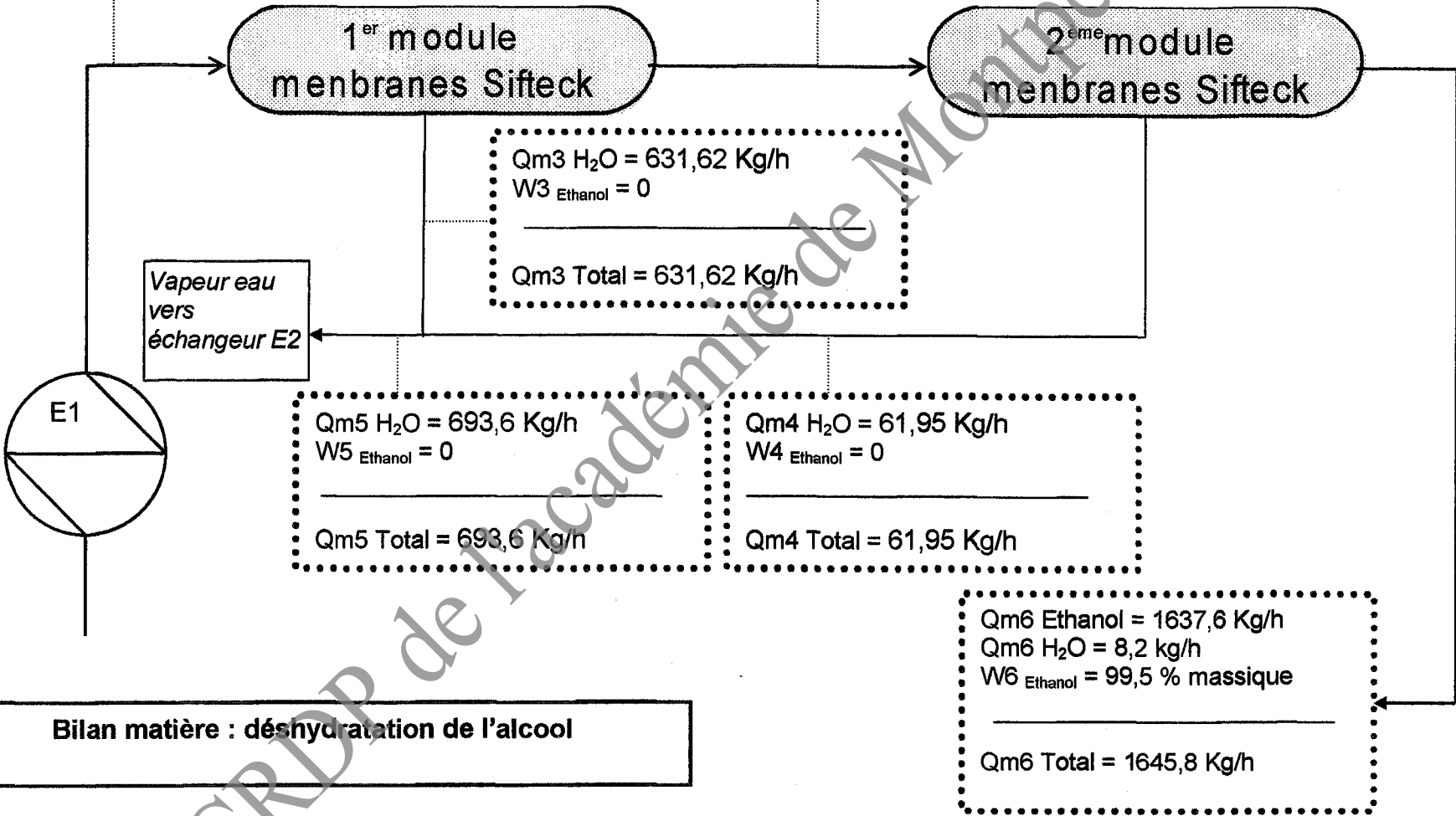

---

 $Q_{m1}$  Total = 2339,4 Kg/h

$Q_{m2}$  Ethanol = 1637,6 Kg/h  
 $Q_{m2}$  H<sub>2</sub>O = 70,2 Kg/h  
 $W2_{\text{Ethanol}}$  = 95,9 %  


---

 $Q_{m2}$  Total = 1707,8 Kg/h



3-5)

Ligne	L1	L2	L3	L4	L5	L6
<b>Débit massique en Kg/h</b>	1645,8Kg/h	2339,4Kg/h	<u>693,6</u>	17151Kg/h	647Kg/h	14811,6Kg/h





**Détails des calculs :**

**Bilan matière global partie distillation / déshydratation :**

$$L6 = L4 - L2 = 17151 - 2\ 339,4 = 14811,6 \text{ Kg/h}$$

**Partie 4 : Régulation**

**4-1)**

Boucle N°	Grandeur réglée	Grandeur réglante	Type de vanne FMA (NF) ou OMA (NO)	Sens d'action du régulateur (Direct ou Inverse)	Justification Sens action
1	T°C jus d'alcool sortie E1	Débit jus	OMA	INV	Si la T°C jus sortie E1 augmente, le débit jus doit augmenter donc la vanne s'ouvrir Si T°C ↑ TIC ↓ 
2	Perte de charge colonne D	Débit vapeur de chauffe E3	FMA	INV	Si la Δp augmente, le débit vapeur doit augmenter donc la vanne doit se fermer Si Δp ↑ PdIC ↓ 
3	T°C bas de colonne (D)	Débit soutirage vinasses	FMA	Direct	Si la T°C augmente, la vanne doit s'ouvrir Si T°C ↑ TIC ↑ 
4	T°C sortie eau E4	Débit eau refroidissement E4	OMA	INV	Si la T°C eau augmente, le débit d'eau de refroidissement doit augmenter donc la vanne s'ouvrir Si T°C ↑ TIC ↓ 

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 8/10

4-2) Etude du transmetteur pneumatique de  $\Delta p$  de la boucle de régulation du chauffage :

$$\text{Signal de sortie du transmetteur} = \frac{20 \times 16}{100} + 4 = 7,2 \text{ mA}$$

4-3) Proposition d'amélioration de la boucle de régulation du soutirage du lourd :

Compléter le tableau ci-dessous avec des flèches indiquant le sens de variation :

Régulateur TIC Maître INVERSE		Régulateur PdIC Esclave INVERSE		Organe correcteur FMA (NF)
m	S1	Consigne	S2	O (Ouvert) F (Fermé)
				O
				F

Partie 5 : L'environnement comme enjeu

Combustion de l'éthanol :



Combustion de l'essence (octane) :



Déterminer la quantité de  $\text{CO}_2$  dégagée pour 1 Kg de carburant :

5-1. Calculez les masses molaires :

- éthanol :	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	Masse molaire : 46 g/mol
- essence :	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	Masse molaire : 114 g/mol
- $\text{CO}_2$		Masse molaire : 44 g/mol

5-2. Calculer le nombre de mole pour 1 Kg de carburant :

- éthanol :	$C_2H_5OH$	nombre de mole :	<b>21,7 mol</b>
- essence :	$C_8H_{18}$	nombre de mole :	<b>8,8 mol</b>

5-3. Calculer le nombre de mole de  $CO_2$  produite :

- éthanol :	$C_2H_5OH$	nombre de mole de $CO_2$ :	<b><math>2 \times 21,7 \text{ mol} = 43,4 \text{ mol}</math></b>
- essence :	$C_8H_{18}$	nombre de mole de $CO_2$ :	<b><math>8 \times 8,8 \text{ mol} = 70,4 \text{ mol}</math></b>

5-4. Calculer la masse de  $CO_2$  produite :

- éthanol :	$C_2H_5OH$	masse de $CO_2$ :	<b>1910 g</b>
- essence :	$C_8H_{18}$	masse de $CO_2$ :	<b>3098 g</b>

5-5. Tableau récapitulatif :

	Masse de carburant en Kg	Masse molaire En g/mol	Nombre de mole de carburant	Nombre de mole de $CO_2$ produite	Masse de $CO_2$ produite en Kg
Ethanol $C_2H_5OH$	1	46	21,7 mol	43.4mol	1,91
Essence $C_8H_{18}$	1	114	8,8mol	70.4mol	3,1

5-6. quelle analyse peut-on en tirer pour une combustion de masse égale ( 1 Kg ) de ces deux carburants ?

**Pour une même masse de carburant la quantité de  $CO_2$  rejetée dans l'atmosphère est plus de 1,5 fois plus grande pour l'utilisation de l'essence par rapport au bioéthanol, le bioéthanol créera donc moins de gaz à effet de serre que l'essence.**

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier CORRECTION
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 10/10