



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**

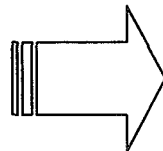
Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

**BACCALAUREAT PROFESSIONNEL
INDUSTRIES DES PROCEDES**

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

EPREUVE E1 A1

DOSSIER RESSOURCES



Code spécialité : 0906-IP ST A

Session 2009

SOMMAIRE

I – Introduction.

II. DESCRIPTION DU PROCEDE.

2.1 Schéma de procédé :	Page 4/10
2.2 Extraction du sucre de la betterave :	Page 5/10
2.3 La fermentation alcoolique	Page 5/10
2.4 La distillation :	Page 6/10
2.5 La déshydratation :	Page 6/10

III- L'environnement comme enjeux

3-1 Réduction des gaz à effet de serre	Page 7/10
3-2 Rendement énergétique	
ANNEXE 1 : Schéma simplifié partie distillation et déshydratation	page 9/10
ANNEXE 2 : Données / Produits	page 10/10

Assurez-vous que cet exemplaire est complet.

S'il est incomplet, demandez un autre exemplaire au chef de salle.

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Ressources
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 2/10

I – INTRODUCTION.

Depuis sa découverte, le pétrole a pris une place prépondérante dans les produits énergétiques de la planète. Les pays industrialisés et les pays émergents en consomment de plus en plus. Mais les réserves naturelles de pétrole ne sont pas inépuisables et il est de plus en plus coûteux d'exploiter de nouveaux gisements, qui sont de moins en moins accessibles en raison de leur profondeur ou encore de leur situation géographique (mer, océan, montagne). On assiste ainsi à la flambée du prix du pétrole.

Tout semble donc jouer en faveur de la recherche de nouvelles énergies, renouvelables et moins polluantes. Les biocarburants en font partie.

Un carburant est un combustible qui alimente un moteur thermique. Celui-ci transforme l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique.

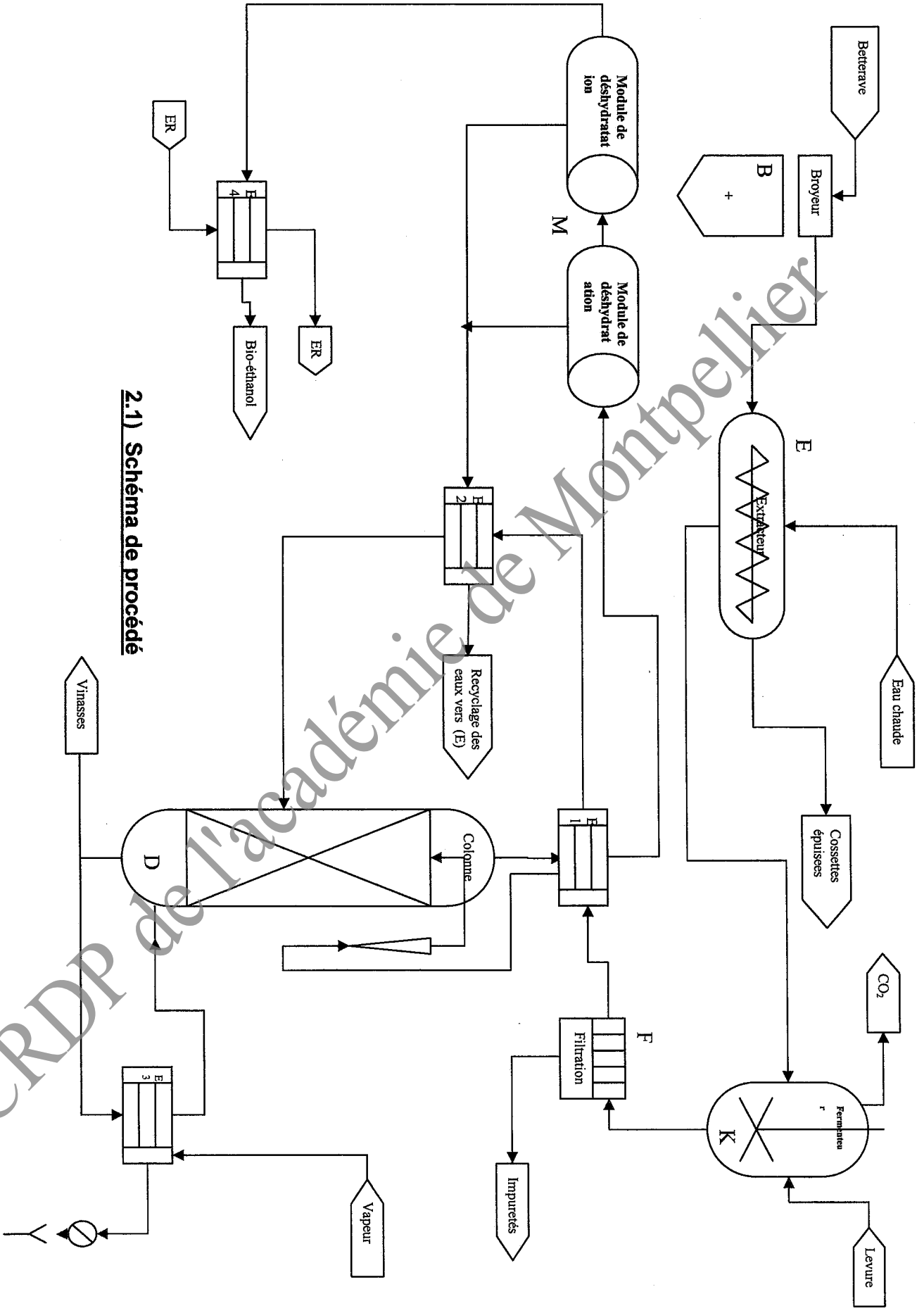
On peut donc distinguer dans la famille des carburants plusieurs types :

- Les carburants d'origine fossile tel Le pétrole, sont les matières premières pour la création de nos carburants appelés « Hydrocarbures ».
- Les carburants d'origine organique, non-fossiles, appelés plus communément « biocarburants », qui sont issues de traitements de végétaux ou cultures (maïs, betteraves, ...). Ceux-ci, aussi appelés « carburants propres », réduisent le rejet de dioxyde de carbone lors de leur combustion.

Il existe un grand nombre de variétés de biocarburants qui diffèrent principalement par leur procédé de fabrication et leur composition. A ce jour, deux biocarburants se détachent des autres :

- Le bioéthanol, qui est fabriqué en France à partir de betteraves ou de céréales comme le blé ou le maïs, dont le sucre extrait, mélangé à des levures, est transformé en alcool par fermentation.
- Le biodiesel, appelé aussi diester par la contraction des mots diesel et ester, est obtenu par transestérification des huiles végétales comme le colza ou le tournesol

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



2.1) Schéma de procédé

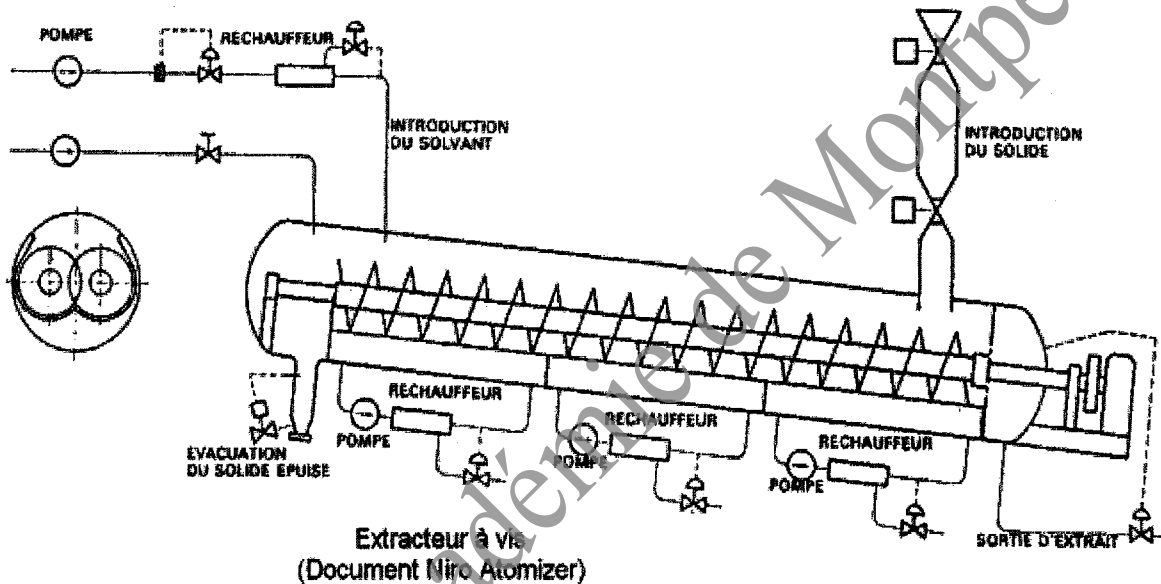
BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Ressources
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 4/10

II . DESCRIPTION DU PROCÉDE

L'étude porte sur la production d'éthanol comme carburant à partir de la betterave sucrière, dont le sucre est transformé en éthanol (C_2H_5OH)

2.2) Extraction du sucre de la betterave :

La première opération de transformation consiste à *laver les betteraves* pour les débarrasser des salissures. Les racines sont ensuite découpées en "cossettes" par un broyeur d'environ deux millimètres d'épaisseur, ce qui va permettre d'augmenter la surface de la racine en contact avec l'eau chaude et donc d'accroître la proportion de sucre récupéré. Au cours de cette opération d'extraction solide-liquide dite de *diffusion*, les cossettes sont expédiées dans un extracteur où circule de l'eau chaude à 70°C environ qui se charge en sucre en traversant les tranches de betterave.



Pour améliorer le rendement d'extraction, on peut utiliser :

- La température : la solubilité dépend souvent de la température
- La taille et la forme des particules : trop petites, elles ont tendance à se colmater et empêcher une extraction régulière dans le paquet.

2.3) La fermentation alcoolique

Ce procédé transforme les sucres fermentescibles par des levures en alcool (éthanol) et gaz carbonique avec dégagement de chaleur :



A la fin de la fermentation on obtient un mélange d'une teneur voisine de 10 % en éthanol (teneur massique) que l'on filtre pour éliminer les impuretés .

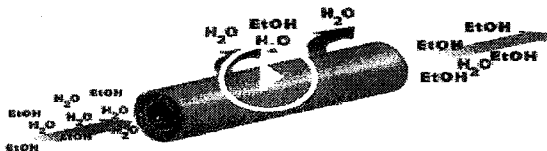
BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Ressources
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 5/10

2.4) La distillation :

A la fin de cette phase de fermentation, l'éthanol est concentré par distillation dans la colonne D. On obtient en sortie de colonne un mélange vapeur d'une teneur de près de 70 % en éthanol. Une partie des vapeurs est condensée dans E1 et sert de reflux, le reste est envoyé dans le module de déshydratation à l'état vapeur.

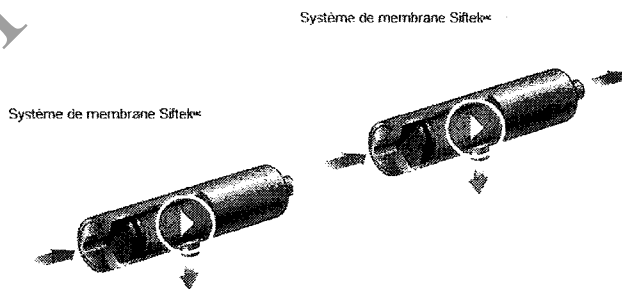
2-5) La déshydratation :

L'effluent gazeux issu de la distillation est introduit dans le module de déshydratation, le mélange est déshydraté par la perméation préférentielle de la vapeur d'eau à travers la membrane hydrophile en polymère du module. L'eau se retrouvant dans le perméat, le mélange gazeux est ainsi débarassé de l'eau pour produire de l'éthanol de qualité dite « carburant », c'est-à-dire de plus de 99 % de pureté en masse



L'eau ainsi extraite à l'état vapeur est utilisée pour préchauffer le mélange alimentaire de la colonne et est recyclé pour l'extraction.

La déshydratation nécessite deux modules en série pour obtenir la qualité dite carburant.



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

III- L'ENVIRONNEMENT COMME ENJEUX

3-1) Réduction des gaz à effet de serre

Tous les carburants dégagent du gaz carbonique lors de leur combustion, mais dans des proportions différentes. Ainsi, le bioéthanol présente un atout non négligeable au niveau du dégagement de gaz à effet de serre, comme le dioxyde de carbone.

Carburant	Dégagement de CO ₂ (en g de CO ₂ /kg)
Essence	3 653 g
Gazole	3 394 g
Ethanol (blé – betterave)	922 g
Diester (Colza)	888 g

En effet, d'après une étude de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie), le bioéthanol produit 4 fois moins de gaz carbonique qu'un litre de carburant fossile, ainsi un hectare de betteraves transformées en bioéthanol absorberait les émissions annuelles de CO₂ de dix voitures à essence soit 75% de gaz à effet de serre en moins. De plus, la betterave et toutes les matières premières végétales, nécessaires à la création de l'éthanol, sont renouvelables. Ainsi, malgré une surconsommation d'environ 25% de carburant en plus, les émissions nettes de CO₂ d'un véhicule roulant au bioéthanol sont 2,5 fois inférieures à celles d'un véhicule essence.

Cette réduction d'émission s'explique par le « recyclage » du CO₂ grâce à la photosynthèse des végétaux. En effet, en extrayant et en utilisant le pétrole qui est une matière carbonique fossile, on rajoute du CO₂ au cycle carbonique de notre planète. Tandis qu'en utilisant les végétaux pour produire du biocarburant, le bilan est nul : les plantes absorbent du CO₂ pour croître puis sont brûlées, elles libèrent alors le carbone qui sera à nouveau absorbé par les plantes suivantes. Donc nos véhicules fonctionnant au bioéthanol, ne ferait que rejoindre le cycle actuel du carbone sans le modifier.

BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Ressources
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 7/10

3-2) Rendement énergétique

Le rendement énergétique est aussi un critère important en matière de carburant. Il consiste à faire le rapport de la quantité d'énergie que fournit un carburant sur celle qu'il a fallu utiliser pour le fabriquer depuis la culture jusqu'à la mise en service.

Carburant	Rendement énergétique
Essence	0.87
Gazole	0.92
Bioéthanol	2
Diester	3

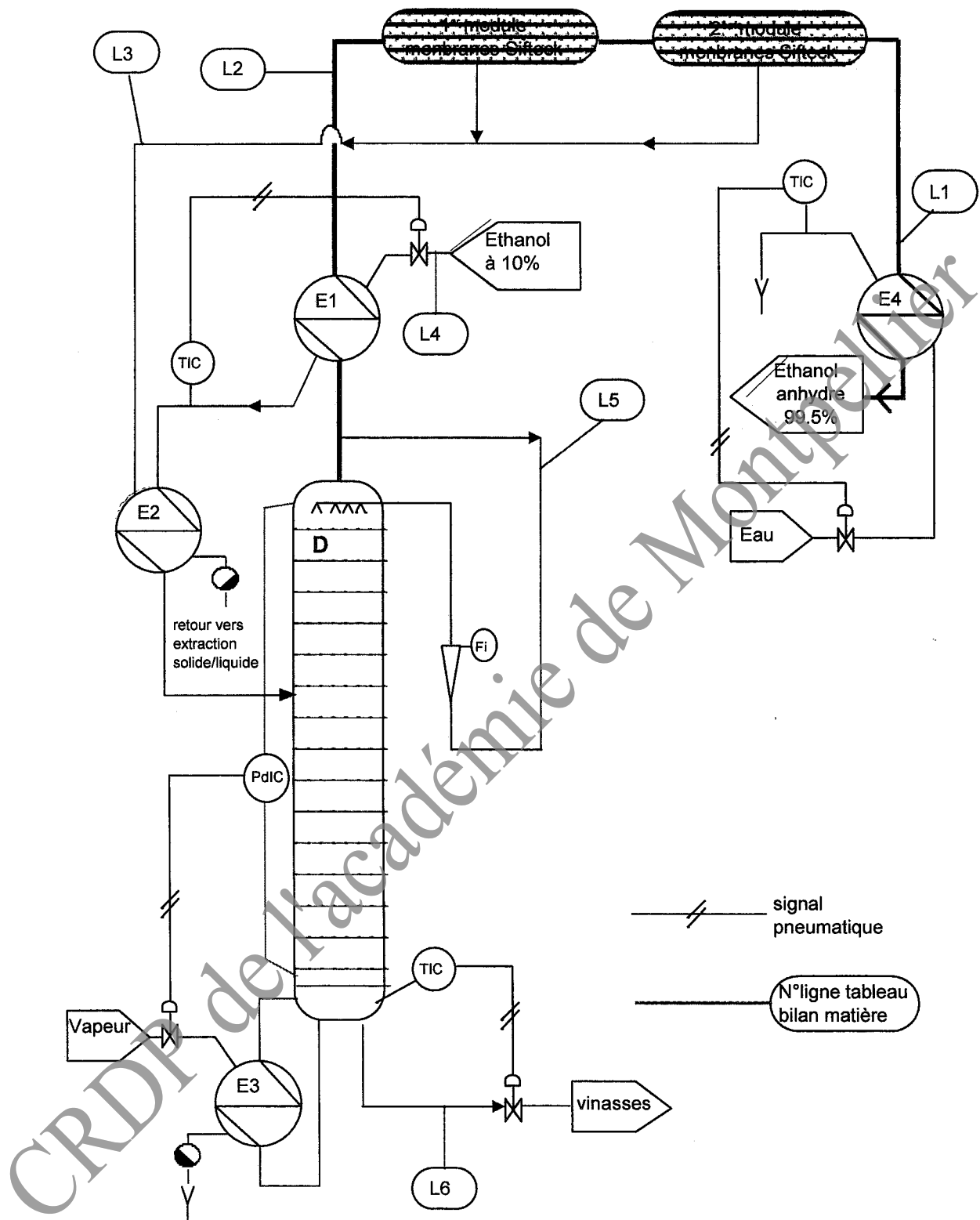
Les betteraves ont un bon rendement énergétique grâce à leur capacité à capter l'énergie solaire ainsi un hectare de betteraves cultivées équivaut environ à 4 tonnes de pétrole brut au point de vue énergétique.

La réalisation d'écobilans, peut être intéressante pour étudier les intérêts environnementaux des biocarburants. Les résultats de celui de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) de 2002 sont assez concluants :

- Le rendement énergétique de l'éthanol est 2 fois supérieur à celui de l'essence et celui-ci émet 2,5 fois moins de gaz à effet de serre

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

ANNEXE 1 Schéma simplifié partie distillation et déshydratation de l'alcool.



BAC PRO Industries de Procédés	Session : 2009	Dossier Ressources
E1 : Etude d'un procédé industriel		
Durée : 3 h	Coefficient : 3	Page 9/10

ANNEXE 2 : Données produits / Formulaire :

Jus de betterave après fermentation et filtration : Solution contenant 10 % en masse d'éthanol :

Chaleur massique du mélange à 10 % : $C_p = 4 \text{ KJ/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$

Température entrée échangeur E1 : $T_1 = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Température sortie échangeur E1 : $T_2 = 44 \text{ }^\circ\text{C}$

$Q_{m_{\text{JUS}}}$ = Débit massique total jus (éthanol à 10%) en Kg/h

W_{JUS} = titre massique en éthanol contenu dans le jus après fermentation = 0,1

Ethanol à 70 % massique (vapeurs sortant de la colonne D) :

Chaleur latente de vaporisation du mélange à 70 % : $L_v = 1272 \text{ KJ/Kg}$

Température vapeur sortie D = $79,5^\circ\text{C}$

$W_{\text{EtOH}_{70}}$ = titre massique en éthanol contenu dans la vapeur sortant de D = 0,7

Ethanol anhydre (sortie 2^{ème} module membranes) :

Composition de l'alcool : 99,5 % d'éthanol et 0,5% d'eau

Masse volumique : $\rho = 790 \text{ Kg/m}^3$

$Q_{m \text{ EtOH}_{99,5}}$ = Débit massique total éthanol anhydre en Kg/h

$Q_{v \text{ EtOH}_{99,5}}$ = Débit volumique total éthanol anhydre en m^3/h

$\rho = Q_{m \text{ EtOH}_{99,5}} / Q_{v \text{ EtOH}_{99,5}}$

$W_{\text{EtOH}_{99,5}}$ = titre massique en éthanol contenu dans la vapeur sortant du 2^{ème} module membranaire = 0,995

Eau :

$L_{v_{\text{eau}}}$ à $100 \text{ }^\circ\text{C} = 2244 \text{ KJ/Kg}$

Vinasses (soutirage lourd colonne D) :

Composition massique : 99,5 % d'eau et 0,5 % d'éthanol

Q_{mv} = Débit massique total vinasse en Kg/h

W_v = titre massique en éthanol contenu dans les vinasses sortant de D = 0,005

Azéotrope éthanol/eau :

L'éthanol et l'eau forment un mélange homoazéotrope positif (à minimum) ayant les caractéristiques suivantes :

Composition massique de l'azéotrope : 96 % d'éthanol et 4 % d'eau

Températures d'ébullition : éthanol : $78,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $\text{H}_2\text{O} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$; azéotrope = $78,2^\circ\text{C}$

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