

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :.....

Série :.....

**Mémoire de Master**

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

**DIMENSIONNEMENT D'UNE UNITE DE PRODUCTION  
DE BIODIESEL**

Dirigé par:

**Dr. Nadjet BOULKROUNE**

**Grade: MCB**

Présenté par :

**Hiba KELLOU**

**Zeyneb CEDAH**

**Kawter SEGOUAT**

Année Universitaire 2017/2018.

Session : (juin)

Liste des figures

Liste des tableaux

### **Introduction générale**

**Introduction générale** .01

Références bibliographies

### **Partie I. Théories**

#### **Chapitre I. Généralités sur le biodiesel**

I. 1 Introduction .03

I.2 Définition de Biodiesel .03

I.3 Propriétés .04

I.4 Utilisations .05

I.5 Avantages .05

I.6 Inconvénients .05

I.7 Risques .06

I.8 Stockage .07

I.9 Transport .08

Références bibliographies

#### **Chapitre 2. Description du procédé**

Description du procédé .09

Référence bibliographie

### **Partie II. Calcul**

#### **Chapitre I. Bilans de matière**

I.1 Introduction .13

I.2 Bilan de matière sur chaque équipement .14

I.2.1 Bilan de matière sur le premier mixeur .14

I.2.2 Bilan de matière sur le deuxième mixeur .15

I.2.3 Bilan de matière sur le premier réacteur .15

A. Bilan de matière global .16

B. Bilan de matière individuel .16

I.2.4 Bilan de matière sur la première colonne de distillation .18

A. Bilan de matière global .18

B. Bilan de matière individuel .19

I.2.5 Bilan de matière sur la colonne d'extraction	.20
A. Bilan de matière global	.20
B. Bilan de matière individuel	.21
I.2.6 Bilan de matière sur le premier séparateur (décanteur)	.22
I.2.7 Bilan de matière sur le troisième mixeur	.24
I.2.8 Bilan de matière sur la deuxième colonne de distillation	.25
A. Bilan de matière global	.25
B. Bilan de matière individuel	.26
I.2.9 Bilan de matière sur le deuxième réacteur	.27
A. Bilan de matière global	.27
B. Bilan de matière individuel	.27
I.2.10 Bilan de matière sur le deuxième séparateur	.29
I.2.11 Bilan de matière sur la troisième colonne de distillation	.30

## **Chapitre II. Dimensionnement du premier échangeur de chaleur**

II.1 Définition	.31
II.2 Schéma représentatif d'un échangeur	.31
II.3 Description générale des échangeurs tubulaire	.32
II.4 Dimensionnement de l'échangeur de chaleur	.32
II.4.1 Température des courants	.32
II.4.2 Détermination des propriétés physiques des fluides	.32
II.4.2.1 Les propriétés physiques de fluide chaud	.33
II.4.2.1.1 La viscosité	.33
II.4.2.1.2 Chaleur spécifique	.33
II.4.2.1.3 Conductivité thermique	.33
II.4.2.1.4 La masse volumique	.33
II.4.2.2 Propriétés physiques du fluide froid	.33
II.5 Bilan thermique	.34
II.5.1 Calcul la quantité de chaleur transférée	.34
II.5.2 Calcul de DTLM	.34
II.5.3 Calcul de la surface globale d'échange	.35
II.5.4 Calcul de la surface D'échange d'un seul tube	.35
II.5.5 Détermination du nombre de tube	.35
II.5.6 Calcul du coefficient d'échange global U	.35

II.5.7 Résistances d'encrassement	.36
II.5.8 Estimation du coefficient d'échange	.36
II.5.8.1 Nombre de Prandtl de chaque fluide	.36
II.5.8.2 Nombre de Reynolds à l'extérieur	.36
II.5.8.3 Calcul de la vitesse massique à l'extérieur	.36
II.5.8.4 Nombre de Reynolds à l'intérieur	.36
II.5.8.5 Calcul de la vitesse massique à l'intérieur	.37
II.5.8.6 Calcul du coefficient d'échange à l'intérieur des tubes	.37
II.5.8.7 Coefficient de transfert thermique à l'extérieur des tubes $h_e$	.37
II.5.9 Calcul des différents paramètres d'échangeur	.38
II.5.9.1 Détermination du diamètre de faisceau	.38
II.5.9.2 Diamètre de la calandre	.38
II.5.9.3 Le nombre de tube par passe	.38
II.5.9.4 Section totale des tubes	.38
II.5.9.5 Calcul de nombre de chicane	.38
II.5.9.6 Surface interne de la chicane	.38
II.5.9.7 Diamètre équivalent	.38
II.5.9.8 Calcul des pertes de charge	.39
II.5.9.8.1 Les pertes de charge à l'intérieur des tubes	.39
II.5.9.8.2 Les pertes de charge à l'extérieur des tubes	.39
II.5.10 Algorithme général de calcul d'un échangeur	.40
II.5.11 Résultats du dimensionnement	.41

Références bibliographies

### **Chapitre III. Dimensionnement du premier réacteur**

III.1 Généralités	.42
III.2 Bilan de matière sur le premier réacteur	.43
III.3 Propriétés physiques du mélange réactionnel liquide	.44
III.3.1 Calcul de la masse volumique du mélange réactionnel	.44
III.3.2 Calcul de la viscosité du mélange réactionnel	.44
III.3.3 Calcul de la conductivité thermique du mélange réactionnel	.44
III.3.4 Chaleur spécifique du mélange réactionnel	.45
III.4 Détermination de la cinétique de la réaction	.45
III.5 Calcul des volumes	.49

III.5.1 Bilan de matière sur le réacteur	.49
III.5.2 Volume du mélange réactionnel	.49
III.5.3 Le volume de réacteur	.50
III.5.4 Le temps de passage	.50
III.6 Bilan énergétique	.50
III.6.1 Equations bilan	.50
III.6.2 Calcul de la quantité de chaleur dégagée	.51
III.6.3 Calcul du débit massique du fluide d'échange	.51
III.6.4 Estimation du coefficient de transfert de chaleur global U	.52
III.6.5 Calcul de la surface d'échange	.53
III.6.6 La hauteur du mélange réactionnel et du réacteur	.53
III.6.7 Dimensionnement de la jaquette d'échange	.53
Références bibliographiques	

### **Chapitre IV. Dimensionnement de la première colonne de distillation**

IV.1 Définition	.55
IV.2 Principe	.55
IV.3 Le calcul d'une colonne de distillation à plateaux	.56
IV.3.1 La loi de Dalton et la loi de Raoult	.56
IV.3.2 La volatilité relative	.56
IV.3.3 Le point d'ébullition et le point de rosée	.57
IV.3.4 Les composés clés	.57
IV.3.5 La volatilité relative moyenne	.57
IV.3.6 Bilans de matière	.57
IV.4 Dimensionnement de la première colonne de distillation	.59
IV.4.1 Calcul de certains paramètres	.60
A. La pression de vapeur saturante $P_1^\circ$	.60
B. La volatilité relative $\alpha_{ij}$	.62
IV.4.2 Détermination du nombre de plateaux minimum $N_{\min}$	.63
IV.4.3 Détermination du taux de reflux minimum $r_{\min}$	.63
IV.4.4 Détermination du nombre d'étages théorique $N_t$	.64
IV.4.5 Position du plateau d'alimentation	.64
IV.4.6 Détermination du nombre d'étages réel $N_r$	.65

A. Calcul de l'efficacité globale de la colonne E	.65
B. Calcul de la température moyenne $T_{moy}$	.65
C. Calcul de la viscosité du mélange liquide $\mu_L$	.65
IV.4.7 Détermination de la hauteur de la colonne	.67
IV.4.8 Calcul d'un plateau perforé	.67
1. Diamètre de la colonne $D_c$	.67
A. Calcul de la température du mélange dans le premier plateau $T_1$	.67
B. Calcul du débit de la vapeur $v$	.68
C. Calcul de la masse volumique du liquide $\rho_L$	.69
D. Calcul de la masse volumique de la vapeur $\rho_v$	.69
2. Surface de plateau	.70
3. Equation des déversoirs	.71
4. Engorgement et entrainement	.71
A. Coefficient de capacité	.71
B. Calcul de $A_{CT}$	.72
C. Calcul de $A_{CR}$	.72
D. Calcul de $A_{DT}$	.72
E. Calcul de $A_{DR}$	.72
IV.4.9 Détermination des quantités de chaleur	.73
IV.4.9.1 Calcul de la quantité de chaleur à extraire du condenseur	.73
A. Bilan thermique	.73
B. Calcul de l'enthalpie de distillat $h_D$	.74
C. Calcul de l'enthalpie de la phase vapeur entrante dans le condenseur $H_1$	.75
IV.4.9.2 Calcul de la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur	.77
A. Le bilan thermique au niveau de rebouilleur	.77
B. Calcul de l'enthalpie de l'alimentation $H_A$	.78
C. Calcul de l'enthalpie $h_R$	.78

Références bibliographiques

### **Chapitre V. Dimensionnement du deuxième échangeur de chaleur**

V.1 Température des courants	.80
V.2 Détermination des propriétés physiques des fluides	.80

V.2 .1 Propriétés physiques du fluide froid	.80
V.2.2 Propriétés physiques du fluide chaud	.80
V.3 Bilan thermique	.81
V.3.1 Calcul de facteur correctif F	.81
V.3.2 Calcul du coefficient d'échange à l'intérieur des tubes	.81
V.3.3 Coefficient de transfert thermique à l'extérieur des tubes $h_e$	.81
V.4 Calcul des pertes de charge	.81
V.4.1 Perte de charge à l'intérieur des tubes	.81
V.4 .2 Pertes de charge à l'extérieur des tubes	.82
V.5 Résultats du dimensionnement	.82
Références bibliographiques	

### **Chapitre VI. Dimensionnement de la colonne d'extraction par le simulateur Aspen Hysys**

VI.1 Définition	.83
VI.2 Principe	.83
VI.3 Coefficient de distribution	.83
VI.4 Facteur de sélectivité	.83
VI.5 Simulation	.84
VI .6 Efficacité de la colonne d'extraction liquide-liquide	.88
Références bibliographiques	

### **Chapitre VII. Dimensionnement du deuxième réacteur**

VII.1 Généralités	.90
VII.2 Bilan de matière sur le deuxième réacteur	.91
VII.3 Propriétés physiques du mélange réactionnel liquide	.91
VII.3.1 Calcul de la masse volumique du mélange réactionnel	.91
VII.3.2 Calcul de la viscosité du mélange réactionnel	.92
VII.3.3 Calcul de la conductivité thermique du mélange réactionnel	.92
VII.3.4 Chaleur spécifique du mélange réactionnel	.92
VII.4 Détermination de la cinétique de la réaction	.92
VII.5 Calcul des volumes	.92
VII.5.1 Volume du mélange réactionnel	.92
VII.5.2 Volume du réacteur	.93

VII.6 Calculs de dimensionnement	.93
VII.6.1 Quantité de chaleur dégagée	.93
VII.6.2 Calcul du débit massique du fluide d'échange	.93
VII.6.3 Estimation du coefficient de transfert de chaleur global U	.94
VII.6.4 Calcul de la surface d'échange	.94
VII.6.5 La hauteur du mélange réactionnel et du réacteur	.94
VII.6.6 Dimensionnement de la jaquette d'échange	.94

Références bibliographiques

**Chapitre VIII. Dimensionnement de la deuxième et la troisième colonne de distillation**

VIII.1 Bilan de matière dans le condenseur partiel	.95
VIII.2 La volatilité relative moyenne	.96
VIII.3 Equation de la courbe d'équilibre en fonction de la volatilité relative	.96
VIII.4 Composition massique et molaire dans l'alimentation, le distillat et le résidu	.96
VIII.5 Calcul de certains paramètres	.97
VIII.6 Détermination de $N_{\min}$ et $r_{\min}$	.98
VIII.7 Détermination de $N_R$ , $N_{\text{ép}}$ et $N_t$	.99
VIII.8 Détermination du nombre d'étages réel $N_r$	.99
VIII.9 Détermination de la composition molaire dans le premier	.99
VIII.10 Détermination de diamètre de la colonne $D_c$ et la hauteur H	.100
VIII.11 Détermination des quantités de chaleur	.101
VIII.11.1 Calcul de la quantité de chaleur à extraire du condenseur partiel	.101
A. Bilan thermique au tour du condenseur partiel	.101
B. Calcul de l'enthalpie de distillat $h_D$	.101
C. Calcul de l'enthalpie $H_1$	.102
D. Calcul de l'enthalpie $H'_1$	.102
E. Calcul de l'enthalpie $H_D$	.103
VIII.11.2 Calcul de la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur	.103
A. Calcul de l'enthalpie de l'alimentation $H_A$	.104
B. Calcul de l'enthalpie $h_R$	.104
VIII.12 Dimensionnement de la troisième colonne de distillation	.105
A. Détermination de la composition molaire dans le premier plateau	.107
B. Détermination des quantités de chaleur	.109



B.1 Calcul de la quantité de chaleur à extraire du condenseur total	.109
B.2 Calcul de la quantité de chaleur à fournir au rebouilleur	.110

### **Chapitre IX. Evaluation économique du procédé de fabrication du biodiesel (À base l'huile de colza)**

IX.1 Définition	.111
IX.2 Eléments de calcul économique	.111
IX.2.1 Dépenses	.111
A. Charges variables	.112
A.1 Produits et réactifs	.112
A.2 Energie	.113
B. Charges fixes	.114
B.1 Amortissement	.114
B.2 Extra-charges	.115
C. Charge du personnel	.115
IX.2.2 Recettes	.115
IX.3 Etude de la rentabilité d'un projet	.116
IX.3.1 Bénéfice net	.116
IX.3.2 Flux de liquidité (cash flow)	.116
IX.3.3 Temps de remboursement (POT : pay of time)	.116
Références bibliographies	

### **Chapitre X. Interprétation des résultats et perspectives**

X.1 Echangeurs de chaleur	.117
X.2 Les réacteurs	.117
X.2.1 Catalyseur alcalin	.117
X.2.2 Cinétique et temps des réactions	.118
X.2.3 Matière de construction	.118
X.2.4 Energies	.118
X.2.5 Dimensions	.119
X.3 Interprétation des résultats du dimensionnement des trois colonnes de distillation	.119
X.3.1 Constituant à séparer	.119
X.3.2 Volatilité relative	.120
X.3.3 Distillation sous vide	.120

X.3.4 Condenseur total ou partiel	.121
X.3.5 Taux de reflux	.121
X.3.6 Nombre d'étage minimum	.121
X.3.7 Nombre d'étages théorique	.121
X.3.8 Position du plateau d'alimentation	.122
X.3.9 Efficacité de la colonne	.122
X.3.10 Diamètre de la colonne	.122
X.3.11 Hauteur de la colonne	.122
X.3.12 Quantités de chaleurs à extraire du condenseur et à fournir au rebouilleur	.123
X.4 Perspectives	.123
Références bibliographies	

### **Conclusion générale**

Conclusion générale	.125
---------------------	------

### **Annexe**

Annexe 1

Annexe 2

## Résumé

L'objectif de ce travail est le dimensionnement d'une unité de production du biodiesel à base l'huile de Colza. On a utilisé le langage de programmation Fortran comme un code de calcul et l'Aspen Hysys 3.2 comme un simulateur.

Ce travail a permis d'étudier la faisabilité de la réalisation du projet où on a effectué une interprétation des résultats de dimensionnement trouvés suivi par une étude économique et enfin perspectives et propositions pour l'avenir.

## Mots clés

Dimensionnement, Biodiesel, Fortran, Aspen Hysys 3.2.

## المخلص :

الهدف من هذا العمل هو نمذجة لوحدة إنتاج الوقود الحيوي (البيوديزل), أين قمنا باستخدام برنامج الحساب Fortran وبرنامج المحاكاة Aspen Hysys 3.2.

هذا العمل يمكننا من دراسة احتمالية تنفيذ الوحدة الانتاجية و ذلك بالاعتماد على تحليل نتائج تحديد الأبعاد و تقييم الجانب المالي الاقتصادي و أخيرا إعطاء بعض الاقتراحات التي من شأنها تحسين المردود مستقبلا.

## الكلمات المفتاحية :

Fortran, Aspen Hysys 3.2, الوقود الحيوي, تحديد ابعاد .