********REPUBLIQUE TUNISIENNE**

Ministère de l’Enseignement Supérieur et

de la Recherche Scientifique

# *Université de Gabès*

**Licence Nationale**

*En* Ingénierie des Procédés

Industriels : Chimie Industrielle

**RAPPORT DE PROJET DE FIN D’ETUDES**

*Présenté à*

L’Institut Supérieur des Sciences

Appliquées et de Technologie de Gabès

*En vue de l’obtention de la*

**Licence Nationale en Ingénierie des Procédés Industriels: Chimie Industrielle**

## Préparé par : *…………………………*

##  *………………………….*

**DIMENSIONNEMENT D'UN ………………………………………………**

**………………………………………………………………….**

## Encadré par : *…………………………*

##  *………………………….*

### *Soutenu le : 20/07/2023, devant le jury:*

**Mr. ……………………………………….**Président

**Mr. ……………………………………….** Examinateur

 **Mr. ……………………………………….** Invité

**Mme. ……………………………………..**Encadreur

*Année Universitaire* 2022-2023

Remerciements

***Exemple :***

Avant tout, je remercie mon encadreur Mr. **ABCDEF Abcdesfgh**, Professeur à l’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tarbes, pour toutes ses contributions, ses encouragements et ses conseils assez utiles et fructueux qui m’ont aidé à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mr. **AAAAAAA Nbbbbbb**, Maître de Conférences à l’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tarbes, qui a co-encadré ce projet de fin d’études et qui m’a bénéficié de ses compétences et de sa disponibilité. Qu’il trouve ici l'expression de ma plus profonde reconnaissance.

Je suis très sensible à l’honneur que me fait Mr. **BBBBBB Mmmmmmm**, Professeur à l’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tarbes, en acceptant de présider le jury de cette soutenance.

J’adresse toute ma gratitude à Mr. **RRRRRRRRR Mmmmmmm**, Professeur à l’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tarbes, et à Mr. **CCCCCC Bbbbbb**, Professeur à l’Ecole Nationale d’Ingénieurs de Tarbes, qui ont accepté d’être rapporteurs de ce travail malgré leurs nombreuses charges.

Enfin, Je remercie ma famille et mes chers amis pour leur compréhension et soutien moral, j’espère que ce travail soit la bonne expression de ma gratitude.

**Résumé**:

Dans ce travail, on s’est intéressé à……………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

***Mots clés***: …………- ..………………..- ……………..- …………………-…………………

**Abstract:**

In this work, we are interested in………………………………………………………………

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….

***Key words***: …………-..………………..- ……………..- …………………-…………………

Nomenclature

Toutes les lettres, les symboles et les indices utilisés dans le rapport doivent être regroupés et classés en ordre alphabétiques dans cette partie :

***Exemple :***

A Surface (m2)

Cp Capacité calorifique à pression constante (kJ/kg °C)

D Diamètre du tube (m)

E Energie (kWh/m3)

m  Masse (kg)

S Surface (m²)

x Fraction molaire (-)

Z Hauteur (m)

*Lettres grecques :*

αCoefficient d’absorption de l’eau

β Facteur de trouble de Link

δ   Epaisseur du film (m)

γ Coefficient polytropique

εEmissivité (%)

μ Viscosité dynamique (kg /m. s)

ν  Volume de la cylindrée (m3)

ρ Masse volumique (kg/m3)

*Indice:*

c Critique

ev Evaporation

g Globale

i Interne

moy Moyenne

Liste des Figures

Figure 1.1 : Modèle du double film de Whitman. …………………………………………12

Figure 1.2 : Représentation de la théorie de Higbie………………………………………..14

Figure 1.3 : Schéma simplifié d’une unité Selexol ………………………………………….20

**Figure 1.4 :** Profil de concentration lors de l’absorption chimique………………………….24

**Figure 2.1 :** Nombre de production d’entropie pour x =0,3; Re =1; Pr =7,1………………...26

**Figure 3.1 :** Nombre de production d’entropie pour x =0,3; Br/ Ω= 0,4; Pr =7,1…………...35

Liste des Tableaux

Tableau 1.1 : Propriétés physico-chimiques nécessaires des deux fluides mis en jeu. ……..10

**Tableau 1.2 :** Propriétés thermo-physiques de l’eau pure à 100 °C …………………………13

**Tableau 2.1 :** Comparaison des effets de ρL sur la valeur de h……………………………15

**Tableau 3.1 :** Domaines de variables expérimentales ……………………………………….25

Table des matières

**INTRODUCTION GENERALE** 1

**CHAPITRE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

**1.1. Rédaction et structure du PFE** 1

 1.1.1. Démarche générale 1

 1.1.2. Nature et contenu du PFE 1

**1.2. Structure du document** 1

 1.2.1. Couverture 1

 1.2.2. Remerciement 1

**1.3. Conclusion** 1

**CHAPITRE 2 :** **DONNEES SUR L’ACIDE SULFURIQUE**

**ET LE GAZ**

**2.1. Mise en équation** 10

2.1.1. Equations de l’écoulement 10

2.1.2. Modélisation du transfert 10

**2.2. Règle de présentation** 10

2.2.1. Structure 10

2.2.2. Pagination 10

**2.3. Tableaux** 10

**2.4. Figures** 10

**2.5. Espacement** 10

**2.6. Conclusion** 10

**CHAPITRE 3 : DIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE DE DISTILLATION**

**3.1. Généralité** 10

**3.2. Remise du mémoire** 10

**3.3. Modèle mathématique** 10

3.3.1. Choix du logiciel 10

3.3.1. Hypothèses simplificatrices 10

3.3.2. Conditions aux limites 10

3.3.3. Effet de la température 10

**3.4. Conclusion** 10

**Conclusion et perspectives** 10

**Références bibliographiques**

**Annexes**

Introduction générale

L’introduction générale doit présenter le sujet de votre projet et sa problématique : Il faut montrer l'importance de votre sujet et son originalité.

L'introduction générale présente aussi le plan du rapport en précisant les objectifs de chaque chapitre.

**Exemple : Etude d’une unité de dessalement en utilisant les énergies renouvelables**

L’eau est indispensable pour la vie mais sa disponibilité n’est pas assurée partout. La pénurie d’eau se pose et se posera dans de nombreux pays, pourtant les réserves d’eau sur le globe terrestre sont immenses. Les études réalisées ces dernières années par le Ministère de l’Agriculture montrent que la Tunisie dispose suffisamment de ressources hydrauliques permettant de couvrir ses besoins jusqu’à l’année 2020.

Toutefois il y a lieu de trouver des solutions pour faire face au manque de ressources en eau qui pourrait être constaté à partir de cette date. Pour l’essentiel, ces solutions consistent à déployer des efforts pour mettre en place des systèmes aboutissant à une meilleure exploitation des ressources en eau de surface ou souterraine ainsi que le recours à l’utilisation des stations de dessalement d’eau de mer.

Etant donné les grands besoins en énergie nécessaires au fonctionnement des stations de dessalement, il a été considéré l’utilisation des énergies renouvelables et en particulier l’énergie solaire et éolienne comme une solution d’avenir pour le dessalement de l’eau.

Dans cette perspective, on s’intéresse dans ce sujet à étudier le dessalement de l’eau par les énergies renouvelables : solaire et éolienne.

Ce rapport comporte trois chapitres :

* Dans le premier chapitre, on va présenter une étude bibliographique consacrée essentiellement à décrire le…………………………..…………………………………. ainsi que ………………………………………………………………………………
* Dans le deuxième, on va s’intéresser à l’étude de …………………………………………...

………………………………………………………………………………………………

* Dans le dernier chapitre,………………………………………………………………. sera détaillée……………………………….

**Chapitre 1 :**

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Introduction du chapitre dans laquelle on doit présenter un bref résumé de ce qui va être présenté dans ce chapitre. L’introduction du chapitre n’entre pas dans la numérotation……….

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

## Titre style 1(taille 16)

## Titre style 2 (taille 14)

1. **Titre style 3 (taille 12)**

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………

* ***Consignes de forme***
1. Utiliser le modèle de la page de garde proposé par ce fichier.
2. Utiliser la police de caractères « Times New Roman » de taille 12.
3. Utiliser une interligne de 1,5.
4. Justifier le texte de votre rapport.
5. Soigner la qualité des figures et des tableaux.
6. Numéroter les figures et les tableaux
7. Utiliser l’éditeur d’équations pour les formules mathématiques.
8. Numéroter les équations mathématiques.
9. Faire des renvois vers les références bibliographiques en utilisant des numéros en entre **[numéro]**.
10. Le nombre de niveaux des sous-titres ne doit pas dépasser 3.

## *Consignes linguistiques*

1. Utiliser le correcteur d'orthographe.
2. Utiliser des phrases courtes.
3. Utiliser des structures grammaticales simples.

## Conseils divers

1. Éviter de trop charger le rapport par de l'information extraite de la littérature.
2. Mettre l'accent sur votre travail personnel et l'apport de votre projet.
3. Interpréter et analyser vos résultats et graphiques.
4. Ajouter la source à toute figure prise d'un ouvrage ou d'un site web.

Les figures et les tableaux sont représentés par ordre d’apparition dans le texte et par chapitre :

*****Figure 1.1 :*** Schéma simplifié du procédé de production d’acide sulfurique.

**Chapitre 1 ;**

**Première figure**

***Tableau 1.1 :*** Evolution de la solubilité de phosphogypse en fonction de pH.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| pH | 1,8 | 3,3 | 3,4 | 5,7 | 6,1 | 11,8 |
| Solubilité (g/l) | 3,79 | 2,84 | 2,76 | 2,60 | 2 ,41 | 1,55 |

………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

Pour la détermination des tensions superficielles des constituants, la relation suivante a été proposée **[5]**:

** (1-1)**

Les coefficients A, T, Tc et n sont donnés dans le tableau (1.2).

**Tableau 1.2 :** Coefficients de la relation relative au calcul de la tension superficielle. **[5]**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Composés** | **A** | **Tc** | **T** | **n** |
| **H2SO4** | 99,899 | 925 | 351 | 1,2222 |
| **H2O** | 132,674 | 647,13 | 351 | 0,955 |

## Conclusion

Chaque chapitre doit être terminé par une conclusion dans laquelle on présente l’essentiel de ce qui a été étudié dans ce chapitre.

**Chapitre 2 :**

**DONNEES SUR L’ACIDE SULFURIQUE ET LE GAZ**

Ce chapitre est destiné d’une part à la ………………………………………………………

…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….... D’une autre part, à la représentation des ……………………………………………………

…………………………………………………..

**2.1. Données et conditions opératoires**

Les conditions opératoires, dans lesquelles la colonne d’absorption fonctionne, sont regroupées dans le tableau (2.1).

**Tableau 2.1 :** Conditions opératoires de fonctionnement de la colonne.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  | **Acide sulfurique** | **Gaz** |
| Température à l’entrée | 78° C | 185 °C |
| Température à l’entrée | 100° C | 70 °C |
| Pression à l’entrée | 4 bars | 1,085.105 Pa |
| Pression à la sortie | - | 1,06.105 Pa |
| Débit à l’entrée | 2000 tonnes/h | 164000 Nm3/h |

**2.2. Calcul des propriétés du gaz**

**2.2.1. Calcul de la masse volumique**

Comme on travaille à une pression proche de la pression atmosphérique, on peut utiliser sans erreur notable l’équation d’état des gaz parfaits, soit :

** (2-1)**

Où :

P : Pression du gaz (Pa) ;

V : Volume du gaz (m3) ;

n : Quantité de matière (mole) ;

R : Constante des gaz parfait (R= 8,314 J/mol. K) ;

T : Température du gaz (K).

**…………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………….**………………………………..

**2.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, on s’est intéressé à l’étude des différentes ……………………………………

…………………………………………………….……………..En premier lieu, on a déterminé ……………………………………………... En second lieu, on a étudié ………………………….

……………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………………..

**Chapitre 3 :**

**DIMENSIONNEMENT DE LA COLONNE DE DISTILLATION**

Conclusion et perspectives

La conclusion doit récapituler et rappeler la problématique du sujet et résumer le travail effectué ainsi que la démarche suivie. Vous devez aussi résumer et commenter les résultats obtenus. La dernière partie de la conclusion présente les limites de votre travail et ouvre sur les perspectives de continué du projet.

***Exemple :***

Ce travail a pour objectif de déterminer ……………………………………………………

………………………………………………………………………………………………......

Dans la première partie de ce travail, on s’est intéressé à déterminer ………………………

…………………………………………………………………………………………………..

Dans la deuxième partie de ce travail, on s’est intéressé à évaluer ………………………….

…………… Cependant,…………………………………………………….. ………………...

…………………………………………………………………………………………………...

Finalement, on a pu montrer dans la troisième partie du travail, que ………………………

…………………………………………On a pu montrer ainsi que……………………………. ………………………………………………………………..

Vu l’importance des résultats trouvés, il nous semble intéressant d’étendre ce travail pour……………………………………………………………………………………

Références bibliographiques

Livre

**[N°]** NOM, Prénom ou Initiales. Nom du livre, Editeur, numéro des pages, Année.

***Exemple*:**

 [1] WHITIER, P. Raffinage et génie chimique, 2ème édition, Tome II, Edition technip, Publication de l’Institut Français du pétrole, 1972.

Ouvrages électroniques

**[N°]** NOM, Prénom ou Initiales. Titre en italique. [en ligne ou cédérom ou bande magnétique ou disquette], Lieu d'édition : Éditeur, 2003. Disponible sur : <http://www.URL.edu> [date à laquelle le document a été consulté (JJ-mois-AAAA)].

***Exemple*:**

**[2]** KOLLER, E. *Aide-mémoire de génie chimique*. [en ligne], 4ème édition,[DUNOD](file:///C%3A%5CUsers%5CZFC%5CDownloads%5CDUNOD), Lieu d'édition : Éditeur, 2003. Disponible sur : <http://www.unitheque.com/Livre/dunod/Aide\_Memoire/Aide\_memoire\_de\_genie\_chimique-66869.html> [10-Octobre-2013].

Travaux universitaires

**[N°]** NOM, Prénom ou Initiales. Titre du mémoire ou de la thèse en italique. Nature de la thèse ou du mémoire, Université de soutenance, Année de soutenance.

***Exemple :***

**[3]** CADOUR, R. *Absorption-désorption de gaz acides par des solutions* *aqueuses d'amines*. Thèse de Doctorat, Ecole des Mines de Paris, 1998.

Communication dans un congrès

**[N°]** NOM, Prénom ou Initiales. Titre de la communication : Titre du congrès, *Lieu du congrès*, *Date du congrès,* pagination.

***Exemple* :**

**[4]** MERAD. L, BENYOUCEF. B, MERAD. L, BOUSSOUKAIA. T, OMARI. B. Etude d’un procédé thermique de dessalement d’eau de mer par aérogénérateur à rendement élevé : 11èmes Journées Internationales de Thermique, *Tlemcen, Algérie, 2003,* 13-19.

**Sites web consultés**

**[N°]** AUTEUR. (ou ORGANISME). Titre de la page d'accueil [en ligne]. Disponible sur : <http://www.URL.edu> [date à laquelle le document a été consulté (JJ-mois-AAAA)].

***Exemple :***

**[5]** VIRELY J.M. et LUSSEAU. C. Science de l’ingénieur. Disponible sur : <<http://www.si.ens-cachan.fr/ressource/r17/r17.htm>> [22- Mai- 2013].

Article scientifique

**[N°]** NOM, Prénom ou Initiales, Titre de l'article. *Nom du Journal scientifique*, Année, Vol. n° numéro, pp (pagination).

*Exemple :*

**[6]** Carrington, C.G. et Sun, Z.F. (1991), Second law analysis of combined heat and mass transfer phenomena. *International Journal of Heat and Mass transfer*, Vol. 34, pp. 2767-2773.

**Annexes**



**I**nstitut **S**upérieur des **S**ciences **A**ppliquées et de **T**echnologie de **G**abès

المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا بقابس



|  |
| --- |
| Projet de Fin d'Etudes en Ingénierie des Procédés Industriels: Chimie Industrielle |
| *Fait par* : ………………………………………….. | Promotion : 2022-2023 |
| Titre :  *Dimensionnement d’un* |
| Soutenance : Le 20/07/2023 |
| **Résumé :** Des essais de dopage de l’eau de à différents taux de salinité et avec des ions fluorures ont été réalisés. Ces essais ont permis de déterminer la limite d’application des membranes de nanofiltration pour le dessalement des eaux saumâtres (6g.L-1) et confirme l’efficacité de la NF pour la défluoruration sélective des eaux saumâtresl’efficacité de la NF pour la défluoruration sélective des eaux saumâtres |
| **Mots clés :** Nanofiltration, Osmose inverse, Dessalement, Eaux saumâtres |
| **Summary**: This part also investigated the application of nanofiltration for demineralization of model solution simulating moderately brackish waters (salinity range of 4-10 g.L-1), and defluoridation of brackish water doped with fluoride at high concentrations. The results indicate the effectiveness of NF membranes (NF90 and NE90) in the treatment of brackish water feed of TDS lesser than 6 g.L-1. These membranes were also effective for fluoride removal at a satisfactory value. |
| **Key words:** Nanofiltration, Reverse Osmosis, Desalination, Brackish water**.**  |