RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Polytechnique

LAVALEF

Département Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Énergies Fossiles

Groupement SONATRACH-ENI (GSE) champ MLE, Illizi

Mémoire de Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Chimique

Thème :

Optimisation des paramètres de fonctionnement du séparateur pour protéger le catalyseur du demercuriseur

Réalisé par : Safa **BAHLOUL**

Sous la direction de :	Mme. Saliha HADDOUM	MCA	ENP
	Mme. Ouardia REBAS	MCA	ENP
	M. Anouar CHEMLAL	Ingénieur Process	GSE

Présenté et soutenu le 23/06/2025

Composition du Jury

Présidente	Mme. Souad TOUAZI	MCA	ENP
Promoteurs	Mme. Saliha HADDOUM	MCA	ENP
	Mme. Ouardia REBAS	MCA	ENP
	M. Anouar CHEMLAL	Ingénieur Process	GSE
Examinatrice	M. Yamina TCHOULAK	MAA	ENP

ENP 2025

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

École Nationale Polytechnique

Département Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Énergies Fossiles

Groupement SONATRACH-ENI (GSE) champ MLE, Illizi

Mémoire de Projet de Fin d'Études

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Chimique

Thème :

Optimisation des paramètres de fonctionnement du séparateur pour protéger le catalyseur du demercuriseur

Réalisé par : Safa **BAHLOUL**

Sous la direction de :	Mme. Saliha HADDOUM	MCA	ENP
	Mme. Ouardia REBAS	MCA	ENP
	M. Anouar CHEMLAL	Ingénieur Process	GSE

Présenté et soutenu le 23/06/2025

Composition du Jury

Présidente	Mme. Souad TOUAZI	MCA	ENP
Promoteurs	Mme. Saliha HADDOUM	MCA	ENP
	Mme. Ouardia REBAS	MCA	ENP
	M. Anouar CHEMLAL	Ingénieur Process	GSE
Examinatrice	M. Yamina TCHOULAK	MAA	ENP

ENP 2025

الملخص : تحسين معايير تشغيل الفاصل لحماية محفز إزالة الزئبق

تتناول هذه الأطروحة تحسين عملية إزالة الزئبق من الغاز الطبيعي في حقل MLE، الذي تشغله مجموعة سوناطراك-إيني. ويعاني الفاصل VD-20-01، الموجود في أعلى خزان إزالة الزئبق MB-30-01، من ظاهرة انتقال السائل مع الغاز المعروفة باسم" الانتقال". ويؤدي هذا إلى تلوث طبقة المحفز Puraspec 1173، مما يقلل من كفاءته ويسرع من تدهوره، مما يتطلب عمليات صيانة متكررة ومكلفة. وبفضل المحاكاة ومعايير التشغيل المحسنة، تمكنت الدراسة من تقليل محتوى الزئبق في الغاز المعالج إلى أقل من 0.1 ميكروغرام/سم مكعب. تم اقتراح توصيات تقنية، مثل إضافة مبرد هواء، والعزل الحراري للفاصل وتعديل التصميم الداخلي، بهدف تحسين أداء العملية بشكل مستدام.

الكلمات المفتاحية: إزالة الزئبق، الزئبق، فاصل ثنائي الطور، الترحيل المرحلي،Puraspec 1173 ، التحسين الأمثل، الغاز الطبيعي، التآكل، HYSYS.

Abstract: Optimization of separator operating parameters to protect the demercuriser catalyst

This thesis deals with improving the process of removing mercury from natural gas in the MLE field, operated by the Sonatrach-ENI group. The VD-20-01 separator, located upstream of the MB-30-01 demetallisation tank, suffers from a phenomenon known as 'carry-over', whereby liquid is transferred with the gas. This leads to contamination of the Puraspec 1173 catalyst layer, reducing its efficiency and accelerating its degradation, requiring frequent and costly maintenance operations. The study made it possible, through simulation and improvement of operating parameters, to reduce the mercury content of the treated gas to below 0.1 µg/Sm³. Technical recommendations were proposed, such as the addition of an air cooler, thermal insulation of the separator and modification of the internal design, with the aim of sustainably improving the performance of the process.

Key Words: Demercurization, mercury, two-phase separator, carry-over, Puraspec 1173, optimization, natural gas, corrosion, HYSYS.

Résumé: Optimisation des paramètres de fonctionnement du séparateur pour protéger le catalyseur du demercuriseur

Cette thèse traite de l'amélioration du processus d'élimination du mercure du gaz naturel dans le champ MLE, exploité par le groupe Sonatrach-ENI. Le séparateur VD-20-01, situé en amont du réservoir de désamalgamation MB-30-01, souffre d'un phénomène de transfert de liquide avec le gaz appelé « carry-over ». Cela entraîne une contamination de la couche de catalyseur Puraspec 1173, ce qui réduit son efficacité et accélère sa dégradation, nécessitant des opérations de maintenance fréquentes et coûteuses. L'étude a permis, grâce à la simulation et à l'amélioration des paramètres de fonctionnement, de réduire la teneur en mercure du gaz traité à un niveau inférieur à 0,1 µg/Sm³. Des recommandations techniques ont été proposées, telles que l'ajout d'un refroidisseur à air, l'isolation thermique du séparateur et la modification de la conception interne, dans le but d'améliorer durablement les performances du processus.

Mots clés : Demercurisation, mercure, séparateur diphasique, carry-over, Puraspec 1173, optimisation, gaz naturel, corrosion, HYSYS.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes plus grandes sources d'inspiration et de soutien :

*À **ma chère mère**, qui m'a donné la vie, qui m'a suivie avec son cœur et m'a toujours soutenue pendant les moments difficiles, et encouragée pour arriver jusqu'ici. Je te remercie pour ton amour inconditionnel, tes sacrifices, et ta croyance en moi-même lorsque je doutais. Que Dieu te garde et te procure une bonne santé et une longue vie.*

*À **mon cher père**, qui m'a appris la discipline et l'importance du travail, qui m'a poussée et motivée dans mes études. Je te remercie infiniment pour ton soutien inébranlable, ta confiance en moi et ton amour. Que Dieu le Tout-Puissant te protège, te procure une bonne santé et une longue vie.*

*À mes chères sœurs **Yousra** et **Halima**, qui ont été mes sources de soutien et d'encouragement dans les moments difficiles, et mes partenaires de célébration dans les moments de joie et de folie. Vous avez un cœur en or et méritez tout le meilleur dans cette vie. Que Dieu vous protège et vous comble de bonheur.*

*À mon cher beau-frère **Redouane**, qui a été un frère pour moi et m'a soutenue dans la réalisation de mes ambitions, ainsi qu'à mes neveux d'amour que j'ai élevés avec tendresse et que je souhaite voir réussir pleinement dans leurs vies.*

*À mes chères meilleures amies **Thanina**, **Ines** et **Lina**, qui étaient présentes à mes côtés, partageant avec moi les moments de peine et de joie. Je vous remercie sincèrement pour votre précieuse amitié tout au long de ces années.*

*À toutes les personnes que j'ai eu le plaisir de croiser sur mon chemin lors de mes expériences professionnelles : **Yacine**, **Nacer Eddine**, **Imad**, **Chouaib**, **Taki Eddine**, **Imen**, **Meriem**, **Yousra**, **Rawnak**, **Rayane**, **Manar** et **Wissem**. Je vous remercie pour votre collaboration, votre confiance, et les échanges enrichissants qui m'ont permis d'avancer et de croire en mes capacités dans la réalisation de ce travail.*

*À **Mme Lamia**, qui m'a donné le déclic. Grâce à ses précieux conseils, sa bienveillance et son accompagnement, elle a profondément marqué ma personnalité et contribué à la réussite de mon parcours.*

À mes camarades de l'ESSA, avec qui j'ai partagé les deux premières années de mon parcours, à ma promotion du Génie Chimique, ainsi qu'à toutes et à tous mes amis de l'École Nationale Polytechnique.

*À la petite **Safa**, à qui j'ai promis… je te dédie ce travail.*

BAHLOUL Safa

Remerciements

*En premier lieu, louange à **Allah**, Le Tout-Puissant, de m'avoir accordé le courage, la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement mes encadrantes, **Mme Saliha Haddoum** et **Mme Ouardia Rebas**, pour leurs conseils avisés, leurs orientations précieuses, leurs encouragements constants et leur disponibilité tout au long de la réalisation de ce projet.*

*J'adresse également mes chaleureux remerciements à **Monsieur Anouar Chemlal**, mon encadrant de stage, pour son accompagnement, sa disponibilité et son aide précieuse chaque fois que j'ai été confrontée à des difficultés. Il a su répondre à mes interrogations et contribuer activement à l'élaboration de ce travail.*

*Mes plus vives gratitudes vont également aux membres du **jury**, pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail avec attention.*

*Ma reconnaissance s'étend à l'ensemble du personnel du **Groupement Sonatrach-ENI** au **Champ MLE**, et plus particulièrement à l'équipe du **Département Exploitation**, pour leur accueil chaleureux, leur encadrement et leur aide précieuse sur le terrain.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à **M. Yacine Arif** et **M. Chouaib Zerifi** pour leur encadrement de qualité au sein de l'entreprise **Sonatrach**, leur disponibilité remarquable, leurs orientations pertinentes, ainsi que l'accès qu'ils m'ont accordé à des informations essentielles ayant grandement contribué à la réussite de ce travail.*

Je remercie l'ensemble des enseignants de l'École Nationale Polytechnique, en particulier ceux du département de Génie Chimique, pour leur enseignement et leur encadrement tout au long de mon parcours.

Enfin, j'adresse mes remerciements les plus sincères à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet. Leur engagement et leur implication ont été des éléments essentiels dans l'aboutissement de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Liste des Abréviations

Liste des Symboles

Introduction générale 15

Chapitre 1 : Présentation du champ MLE et description du procédé de traitement de gaz 18

1.1. Introduction 19

1.2. Présentation du groupement Sonatrach-First Calgary Petroleum (SH-FCP) 19

1.2.1. Sonatrach (SH) 19

1.2.2. First Calgary Petroleum (FCP) 19

1.2.3. Association Sonatrach-FCP 20

1.3. Présentation du champ Menzel Ledjmet Est (MLE) 20

1.4. Gaz naturel 22

1.4.1. Généralités sur le gaz naturel 22

1.4.2. Composition du gaz naturel 22

1.4.3. Propriétés physico-chimiques du gaz naturel 22

1.4.4. Caractéristiques du gaz naturel 24

1.4.5. Classification du gaz naturel 24

1.5. Description du procédé de traitement du gaz au niveau du CPF 25

1.5.1. Vue d'ensemble de l'installation 25

1.5.2. Procédé de traitement de gaz 27

1.5.2.1. Unité de réception et slugcatching (Système 20) 28

1.6. Spécifications des produits finis 41

1.7. Conclusion 42

Chapitre 2 : Généralités sur le mercure Hg et le processus de demercurisation 43

2.1. Introduction 44

2.2. Propriétés et caractéristiques du Mercure Hg 44

2.2.1. Définition 44

2.2.2. Amalgames et solubilité des métaux dans le mercure 45

2.3. Cycle global du mercure 46

2.4. Utilisation du mercure 47

2.5. Toxicité du mercure 48

2.5.1. Effet du mercure sur la santé 48

2.5.2. Effet du mercure sur les produits chimiques 48

2.5.3. Effet du mercure sur les équipements 49
2.6. Présence du mercure dans le gaz naturel 50
2.7. Élimination du mercure du gaz naturel 52
2.7.1. Catalyse hétérogène 52
2.7.2. Systèmes d'élimination du mercure par lit fixe 54
2.8. Procédé de demercurisation 55
2.8.1. Section de demercurisation MB-30-01 55
2.8.2. Description du demercuriseur 57
2.8.3. Procédure du déchargement du lit à mercure 59
2.9. Conclusion 60
Chapitre 3 : Séparateurs diphasiques (gaz-liquide) 61
3.1. Introduction 62
3.2. Séparateurs 62
3.2.1. Définition 62
3.2.2. Fonctionnement des séparateurs 62
3.3. Types des séparateurs 67
3.3.1. Séparateurs horizontaux 67
3.3.2. Séparateurs verticaux 68
3.3.3. Séparateurs sphériques 70
3.4. Paramètres de fonctionnement d'un séparateur 71
3.4.1. Pression 71
3.4.2. Température 72
3.4.3. Niveau 72
3.5. Mécanisme de séparation 73
3.6. Conclusion 76
Chapitre 4 : Optimisation des paramètres de fonctionnement du séparateur 78
4.1. Introduction 79
4.2. Problème du carry over (entrainement du liquide) 79
4.3. Problématique 80
4.4. Objectif de l'étude 80
4.5. Présentation du simulateur Aspen HYSYS 80
4.5.1. Introduction à la simulation des procédés 80
4.5.2. Modes de fonctionnement de la simulation 81
4.5.3. Modèle thermodynamique 82
4.6. Design et simulation du l'unité de demercurisation 84
4.7. Résultats et interprétations 89
4.7.1. Formulation de la problématique d'optimisation 92
4.7.2. Étude des effets des variables de décision 93

4.7.3. Optimisation des paramètres de fonctionnement du séparateur 97
4.8. Résultats et interprétations de l'optimisation 99
4.9. Conclusion 101
Conclusion générale 103
Références bibliographiques 106

Confidentiel