



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



La République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique

جامعة عبد الحميد باديس - مستغانم

Université Abdel Hamid Ben Badis – Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

N° d'ordre : M2.... / GM/2023

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADIMIQUE

**Filière :** Génie Des Procédés

**Option :** Génie des matériaux

**THEME :**

### Etude de Problème De Moussage dans la section de décarbonation Au Niveaux du complexe gnl2/Z

PRESENTE PAR

- Bensaha abderazek

- Moussa nour rania

Soutenue le 20/06/2023 devant le jury composé de :

Présidente:	S. BENDENIA	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice :	S. ATTOUTI	MCB	Université de Mostaganem
Encadrant :	S. ABDELLI	Pr	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2022/2023

## **REMERCIEMENTS**

Nous remercions tout d'abord le tout puissant dieu qui nous a donné la force d'accomplir ce travail. Nous remercions également nos familles qui nous ont soutenu tout au long du cycle universitaire. Nous tenons à remercier vivement et chaleureusement notre encadrante MADAME ABDELLI SAFIA de nous avoir guidé ; soutenu et orienté tout au long de notre recherche ; de nous avoir également accordé sa confiance, nous la remercions pour sa rigueur scientifique, pour sa patience et ses conseils judicieux pour le partage de sa riche expérience et sa disponibilité ainsi que son regard critique et constructif sur ce thème de recherche. Nous remercions également MONSIEUR X de s'intéresser et de nous avoir proposé notre thème de recherche et nous orienter vers la bonne voie. Finalement nous tenons à remercier toute personne qui a contribué dans cette recherche.

## **Dédicace**

Je Dédie ce mémoire a mes chers parents Moussa Abdnour et Bourahla karima qui ont été toujours à mes cotes et m'ont toujours soutenu tout au long de ces longues année d'études

En signe de reconnaissance.l'expression de ma profonde gratitude pour tout ce qu'ils ont consenti d'efforts et de moyens pour me voir réussir dans mes études .

A toute ma famille Sœurs et freres

(ibtissem , ilyes , nihel, elena , neila , Nabila ,mahdi,malik , aymen,saleh )

Amon Encadrante :Islem Abdelli Safia

Et A Toute mes amies

(Hanane, Amina,Aouicha)

A toutes les gens qui me connaissent

**Moussa Nour rania.**

## **Dédicace**

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A ma très chère Mère (Khader fatma) et à mon cher Père (Ahmed), en témoignage et en gratitude de Leurs dévouements, de leur soutien permanent durant toutes mes années d'études, leur sacrifice illimité, leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affections sans limite.

Mes chères sœurs (Fatiha, Malika, Nacira, Karima)

Mes chers frères (abd el kader, Ibrahim, Ilyes)

Mon aimable encadrante Dr. islem safia abdali

Toutes celles et tous ceux qui me sont chers.

En témoignage de mon affection

**Bensaha abderazek**

**Résumé :** Le processus de réduction des émissions de dioxyde de carbone ou de décarbonation est l'une des étapes clés du traitement de du gaz naturel. Dans ce travail, nous nous concentrons sur l'un de problème largement rencontré dans l'industrie chimique, le phénomène de moussage dans les absorbeurs de CO<sub>2</sub>. Nous avons étudié les principaux facteurs d'influence tels que, la concentration de la solution MEA, la température de la solution MEA, la présence d'hydrocarbures lourds et l'excès d'anti-mousse SAG10 provoquera le moussage de la solution MEA. Les résultats de l'analyse ont montré que la solution de MEA doit être bien préparée à 15%, et la température optimale pour la réaction de MEA avec le gaz est de 38°C.

**Mots clés :** gaz naturel, décarbonation , moussage

**ملخص:**

تعد عملية تقليل انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون أو إزالة الكربون إحدى الخطوات الرئيسية في معالجة الغاز الطبيعي. في هذا العمل، نركز على إحدى المشكلات التي نواجهها على نطاق واسع في الصناعة الكيميائية، وهي ظاهرة الرغوة في ماصات ثاني أكسيد الكربون. لقد درسنا العوامل المؤثرة الرئيسية مثل تركيز محلول MEA ودرجة حرارة محلول MEA ووجود الهيدروكربونات الثقيلة والفائض من SAG10 المضاد للرغوة سوف يتسبب في رغوة محلول MEA. أظهرت نتائج التحليل أنه يجب تحضير محلول MEA جيدًا عند 15٪ ، وأن درجة الحرارة المثلى لتفاعل MEA مع الغاز هي 38 درجة مئوية.

**الكلمات المفتاحية :** الغاز الطبيعي; قسم إزالة الكربون ; الرغوة

**Abstract :**The process of carbon dioxide emission reduction or decarbonation is a crucial step in natural gas treatment. In this study, we focus on a widely encountered problem in the chemical industry, which is the foaming phenomenon in CO<sub>2</sub> absorbers. We investigate key influencing factors such as the concentration of the MEA solution, the temperature of the MEA solution, the presence of heavy hydrocarbons, and the excess of SAG10 antifoam agent that leads to foaming in the MEA solution. Analysis results indicate that the MEA solution should be properly prepared at a concentration of 15%, and the optimal temperature for the reaction between MEA and the gas is 38°C.

**Keywords: natural gas, decarbonation, foaming**

## Liste des abréviations

- BP : Basse pression
- GPL : Gaz pétrole liquéfié
- GP : Gaz pétrole
- ATM : Atmosphère
- Q : Chaleur
- MEA : Monoéthanolamine
- H<sub>2</sub>S : Sulfure d'hydrogène
- H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : Acide carbonique
- SAG10 : Anti-mousse (silicone anti foamemulsion)
- Ppm : Partie par million
- Pext : Pression extérieure
- GN : Gaz naturel
- GNT : Gaz naturel traité
- GNL : Gaz naturel liquéfié
- HP : Haute pression.
- LV : Vanne de niveaux
- TV : Vanne de température
- PV : Vanne de pression
- JT : Joule Thomson valve
- X62-C : Échangeur à l'eau de mer
- X52-E : Colonne de distillation (dépropaniseur)
- X53-E : Colonne de distillation (débutaniseur)
- CH<sub>4</sub> : Méthane
- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>: Ethane
- C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>: Propane
- C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>:Butane
- C<sub>5</sub>+ : Les hydrocarbures lourds (gazoline)
- C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> : Pentane
- C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>: Hexane
- C<sub>7</sub>H<sub>16</sub> : Heptane
- C<sub>8</sub> : Octane
- i-C<sub>4</sub> :iso-butane
- n-C<sub>4</sub> :normal-butane
- i-C<sub>5</sub> :iso-pentane
- n-C<sub>5</sub> : normal-pentane
- C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub> : phénolphtaléine
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : d'acide sulfurique
- SO<sub>2</sub> : Dioxyde de soufre
- He : Helium
- N<sub>2</sub>: Azote
- Hg: Mercure
- 131 E : Absorbeur
- 132 E : Régénérateur.
- 133-C : Échangeurs thermiques
- 135-C : Condenseur
- 134-C : Rebouilleur
- 131-J/JA : Pompe
- X42-D : Le ballon démercuriseur
- X41-C : Un échangeur à propane
- X41-F : Ballon séparation
- X41-DA/DB/DC : Les sécheurs à gaz
- X41-LA/LB/LC : Les filtres
- X03-C à X06-C : Les 4 échangeurs au propane
- X07-C : Inter-échangeur
- X01-E : La tour de lavage
- X08-F : Reflux
- X08-C : Un rebouilleur
- X16-C : Le faisceau chaud
- X06-J ou JA : Les pompes
- X17-C : L'échangeur de gaz de rejet
- X10-F : Ballon flash
- X02-E : Déazoteur
- PV 503 : Vanne de pression
- FV512 : Vanne de débit
- X04-J : Compresseur de gaz combustible
- X24-C : Le rebouilleur
- LV 506 : Vanne de niveau
- TV 516 : Vanne de température
- X10-J ou JA : Les pompes GNL
- X51-E : Colonne de distillation (dé-éthaniseur)

## Liste des Figures

<b>Figure I.1</b> : Alimentation en gaz naturel et décarbonatation .....	<b>06</b>
<b>FigureI.2</b> : Le vaporisateur.....	<b>09</b>
<b>Figure III.1</b> : détermination le % CO <sub>2</sub> Et de MEA.....	<b>22</b>
<b>FigureIII.2:</b> La variation du moussage en fonction de la température de la solution MEA.	<b>23</b>
<b>Figure III.3</b> : Le volume de moussage en fonction de volume de gazoline.....	<b>25</b>
<b>Figure III.4</b> : la variation du moussage en fonction de la concentration d'anti mousse...	<b>26</b>
<b>Figure III.5</b> : La variation du moussage en fonction de volume de chlorure.....	<b>28</b>

## Les annexes

<b>Annexes 1</b> : Les composants du gaz naturel et leur température d'ébullition.....	
<b>Annexes 2</b> : Colonne d'absorption 131 E.....	
<b>Annexes 3</b> : Rebouilleur 134 C.....	
<b>Annexes 4</b> : Régénérateur 132 E.....	
<b>Annexes 5</b> : Echangeurs 133 C.....	
<b>Annexes 6</b> : Filtre à charbon 132 F.....	
<b>Annexes 7</b> : Vaporiseur 136 C.....	
<b>Annexes 8</b> : Circuit purges et stockage de la MEA.....	
<b>Annexes 9</b> : Le suivi du taux de moussage avant l'arrêt du train 600.....	
<b>Annexes 10</b> : Absorption CO2 et Régénération MEA.....	
<b>Annexes 11</b> : Modification Apportée à la colonne d'absorption.....	
<b>Annexes 12</b> : Diagramme la circulation du gaz naturel.....	
<b>Annexes 13</b> : La composition de la gazoline.....	



## Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## Chapitre1

1.1 Procédé de décarbonation :.....	04
1.2 Principe du procédé :.....	4
1.3 La place de la section décarbonatation dans le procédé : .....	4
1.4 Principes Opérateur : .....	5
1.4.1 Description générale :.....	5
1.4.1.1 Alimentation en gaz naturel et décarbonatation.....	05
1.4.1.2 Régénérateur de MEA.....	07
1.4.1.3 Colonne d'adsorption 131 E.....	07
1.4.1.4 Rebouilleur 134C.....	08
1.4.1.5 Régénérateur 132 E.....	08
1.4.1.6 Echangeurs 133C.....	08
1.4.1.7 Filtre à charbon 132 F.....	09
1.4.1.8 Vaporisateur 136C.....	09
1.4.1.9 Filtration de MEA pauvre et riche.....	09
1.4.1.10 Système d'injection anti-mousse.....	10
1.5 Mécanisme d'interaction entre le CO <sub>2</sub> et la MEA .....	10
1.6 Propriétés de MEA.....	11

## **Chapitre2**

Theorie sur le Probleme de moussage .....	12
2.1 Problématique.....	13
2.2 Phénomène de moussage.....	13
2.2.1 Définition Moussage.....	13
<b>2.2.2</b> Facteurs Favorisant le Moussage.....	14
2.2.3 Precaution a prendre contre le Moussage .....	18

## **Chapitre 3**

<b>3.1</b> Analyse des problèmes .....	20
3.1.1 Principe de l'essai de moussage de la solution MEA .....	20
3.1.2 Analyse % CO2 et % MEA dans la solution de MEA .....	20
3.1.3 Influence de la température de la solution MEA à 15 % sur le moussage .....	23
3.1.4 Influence des hydrocarbures lourds sur le moussage .....	24
3.1.5 Influence de l'excès d'anti mousse sur le moussage .....	26
3.1.6 L'influence de chlorure sur le moussage :.....	28
Recommandation.....	30
<b>Conclusion</b> .....	32

### **Introduction générale :**

Le gaz naturel a connu une croissance exceptionnelle en tant que source d'énergie fossile depuis les années 70. Sa popularité ne cesse d'augmenter chaque jour dans de nombreux pays en raison de ses avantages économiques et écologiques. Grâce à ses caractéristiques, telles qu'un faible intervalle de combustion, il est considéré comme la deuxième source d'énergie après le pétrole.

Les avancées technologiques améliorent constamment l'efficacité des techniques d'extraction, de transport et de stockage, ainsi que le rendement énergétique des équipements.

Afin de faciliter son transport par voie maritime vers les pays consommateurs, le gaz naturel doit être liquéfié à des températures cryogéniques ( $-162^{\circ}\text{C}$ ). Avant de le refroidir, il doit subir un processus de décarbonatation pour éliminer les composants indésirables tels que le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), qui provoque la formation de glace carbonique (température de solidification  $-78,5^{\circ}\text{C}$ ) dans les parties froides des installations cryogéniques, entraînant ainsi le colmatage des équipements.

Pour cela, on utilise une solution chimique appelée monoéthanolamine (MEA) à 15% en poids, qui est introduite dans une colonne d'absorption pour absorber le  $\text{CO}_2$ . Cependant, cette unité est souvent sujette à un problème de moussage, qui diminue l'efficacité de la capture du  $\text{CO}_2$ . Jusqu'à présent, le moussage reste un phénomène incontrôlable en raison de différents facteurs qui y contribuent.

L'Algérie est le troisième plus grand producteur de gaz naturel liquéfié (GNL). Son économie repose principalement sur l'exportation d'hydrocarbures. Par conséquent, le complexe GNL2/Z, situé dans le nord-est de Béthioua, à l'est d'Oran, et conçu par la société SONATRACH, joue un rôle essentiel dans la production de GNL. Ce complexe est également confronté au problème de moussage dans sa section de décarbonatation.

Notre étude se concentre sur l'analyse des différents facteurs susceptibles de provoquer ce phénomène. Pour résoudre cette problématique, nous avons effectué les actions suivantes :

Nous avons effectué une recherche bibliographique afin de comprendre le fonctionnement de la section de décarbonatation, le phénomène d'absorption et les critères de choix de l'absorbant, ainsi que les problèmes rencontrés, tels que le moussage.

## Introduction Générale

---

Nous avons réalisé un diagnostic de la section de décarbonatation du complexe GNL2 afin de localiser et d'identifier les causes potentielles du phénomène de moussage.

Nous avons mené des études en laboratoire pour étudier l'influence de plusieurs facteurs pouvant contribuer à ce phénomène, tels que l'excès d'agent anti-mousse, la température, les hydrocarbures lourds et la présence de chlorures.

## **Chapitre I :**

### **Description de la section de décarbonatation**

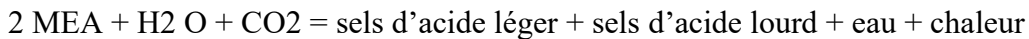
### 1.1 Procédé de décarbonation :

Le but de la section de décarbonatation dans un processus de décarbonation est d'éliminer ou réduire la présence de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de mercure et d'hydrocarbures spécifiquement dans cette section du processus.

### 1.2 Principe du procédé :

Une solution aqueuse de monoéthanolamine (MEA) contenant entre 15 et 20 % est utilisée pour capturer le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) présent dans le gaz. Le contact entre la solution de MEA et le gaz se fait dans une colonne à plateaux, avec un flux à contre-courant, où la solution entre par le haut et le gaz par le bas. [4]

La réaction entre la MEA, l'eau et le CO<sub>2</sub> produit des sels d'acide léger, des sels d'acide lourd, de l'eau et de la chaleur. La réaction sera du type :



. Cette réaction est exothermique et a une température d'amorçage de 38 °C. Elle est également réversible, ce qui signifie qu'en fournissant une certaine quantité d'énergie au produit de réaction, on peut récupérer les produits initiaux, à savoir la MEA et l'eau sous forme gazeuse, ainsi que le CO<sub>2</sub> sous forme gazeuse.

Cela permet de se débarrasser du CO<sub>2</sub>, de réutiliser la MEA et de fonctionner sans perte théorique. Cependant, en pratique, il est nécessaire d'éliminer d'autres produits pour retrouver la solution de départ, tels que les polymères résultant de la dégradation de la MEA, les sels d'acides lourds non vaporisables, les hydrocarbures entraînés avec la MEA et les débris solides. [4]

### 1.3 La place de la section décarbonatation dans le procédé : [1]

Le système de décarbonatation par monoéthanolamine (MEA) est situé dans la partie centrale-est d'un train de procédé. Cette unité de décarbonatation est la deuxième unité à recevoir le gaz d'alimentation lorsqu'il entre dans le procédé. Une solution aqueuse de MEA est utilisée comme agent d'absorption dans ce système de décarbonatation. Son rôle est d'éliminer la majeure partie du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) contenu dans le gaz d'alimentation avant son admission dans la section de liquéfaction du procédé.

La concentration de CO<sub>2</sub> doit être réduite à 70 ppm (en volume) pour éviter la formation de glace carbonique dans la section de liquéfaction, qui se produit lorsque le CO<sub>2</sub> se solidifie à basses températures. Une concentration trop élevée de CO<sub>2</sub> entrant dans la section de

liquéfaction pourrait provoquer la solidification dans les refroidisseurs et l'échangeur principal, entraînant ainsi l'arrêt du train de procédé. En cas de dysfonctionnement du système de Décarbonatation, il est nécessaire d'activer tous les équipements du train affecté pour remédier à la situation.

### 1.4 Principes Opératoire :

#### 1.4.1 Description générale :

##### 1.4.1.1 Alimentation en gaz naturel et décarbonatation : [2]

Le gaz naturel d'alimentation est réparti vers chaque train de procédé par l'intermédiaire d'un collecteur principal. Le gaz naturel brut pénètre d'abord dans le ballon séparateur 131-F, afin de séparer tous les hydrocarbures lourds susceptibles d'être présents dans le gaz d'alimentation. Tout liquide s'accumulant au fond de ce ballon est évacué vers le système de rejet des hydrocarbures liquides (installations auxiliaires).

Le gaz naturel sortant en tête de 131-F passe à travers un débromeur métallique placé au sommet du ballon, puis est préchauffé à 38°C dans les tubes du préchauffeur de gaz d'alimentation 131-C par de la vapeur à 4,5 bars. Le gaz préchauffé est combiné au gaz recyclé provenant du système de régénération du sécheur de gaz et le courant ainsi obtenu est injecté au fond de l'absorbeur.

Le gaz s'élevant dans l'absorbeur est mis en contact à contre-courant avec une solution pauvre (solution de MEA régénérée ou pauvre en gaz carbonique) à 38°C pénétrant par le 5ème plateau de l'absorbeur. Le gaz carbonique est absorbé par la solution pauvre de MEA. Le gaz naturel à 38°C, dont la teneur en gaz carbonique a été réduite à 70 ppm, sort par le sommet de l'absorbeur et est dirigé vers le séchage. La solution « riche » de MEA (riche en gaz carbonique) quitte l'absorbeur par le fond pour entrer dans le ballon de séparation des hydrocarbures (137-F) à environ 43°C. Dans ce ballon, la plupart des hydrocarbures dissous sont libérés par vaporisation instantanée (flash). Un dispositif est prévu pour permettre aux hydrocarbures lourds liquides accumulés dans le ballon de déborder dans le compartiment de purge situé à l'intérieur du ballon. Ces hydrocarbures lourds sont dirigés vers le système de rejet d'hydrocarbures liquides (installations auxiliaires).

Les quatre plateaux supérieurs de l'absorbeur sont des plateaux de lavage à l'eau permettant de récupérer la MEA vaporisée et entraînée par le gaz. Ce lavage réduit au minimum les pertes de MEA. Une pompe (136-J) assure un débit d'eau de 17 m<sup>3</sup>/h du quatrième plateau vers le premier. De l'eau d'appoint (eau d'alimentation chaudières) est ajoutée à l'eau de recyclage avant son entrée au niveau du premier plateau. Une quantité d'eau équivalente est

soutirée au refoulement de la pompe et est injectée en aval du préchauffeur de gaz d'alimentation. (131-C). L'injection d'eau a pour but de saturer le gaz d'alimentation de vapeur d'eau de façon à éviter l'encrassement des injecteurs de gaz à l'admission de l'absorbeur. Il est possible de renvoyer l'eau de purge vers le régénérateur comme eau d'appoint.

L'absorbeur fonctionne normalement lorsque le niveau de MEA est au-dessus du point d'admission de gaz c'est à dire que le gaz naturel injecté dans l'absorbeur remonte sous pression dans la solution MEA sous forme de bulles. Le niveau de la solution MEA enrichie, au du fond de l'absorbeur, est contrôlé par la pression différentielle (LIC-I06) développée par la charge du liquide dans l'absorbeur. Ce mode de fonctionnement permet d'extraire le maximum de gaz carbonique du gaz d'alimentation.



**FigureI.1** : Alimentation en gaz naturel et décarbonatation

### 1.4.1.2 Régénérateur de MEA :[2]

La MEA enrichie (MEA + CO<sub>2</sub> dissout) provenant du ballon de séparation des hydrocarbures (137-F) est chauffée dans les échangeurs 133-C avec la solution chaude de MEA pauvre qui provient du fond du régénérateur. La MEA riche est chauffée à 102 °C et introduite en tête de la tour de régénération. Le régénérateur à 25 plateaux perforés fonctionne normalement à 110°C et 1,0 bar (effectif) en fond de colonne. Le rebouilleur (134-C) du décarbonateur est chauffé par la vapeur à 4,5 b. Le régénérateur peut fonctionner à 121°C et 1,0 bar (en fond de colonne) permettant ainsi d'extraire le maximum de gaz carbonique.



Le gaz carbonique extrait de la solution riche de MEA passe dans le condenseur de tête (135-C) afin de condenser la majeure partie de la vapeur d'eau à 60°C. Le condensat est séparé dans le ballon de reflux de condensat (133-F). Le gaz carbonique contenant une petite quantité de vapeur d'eau est évacué en tête du ballon de reflux vers l'atmosphère. Un faible débit de solution MEA pauvre est injecté dans la conduite de vapeur de tête du régénérateur. Ce courant sert d'inhibiteur afin de minimiser la corrosion dans la conduite de vapeur et dans le condenseur de tête du régénérateur 135-C. Ce courant est prélevé côté refoulement de la pompe de circulation de MEA (131-J) et le débit est réglé par une vanne manuelle. Un orifice de restriction de 13 mm est inséré en amont de la vanne pour provoquer une chute de pression. Un autre orifice de restriction de 2 mm est inséré en aval de la vanne. Une pression différentielle d'environ 3,3 bars est créée de manière à permettre une bonne régulation du débit de solution MEA pauvre alimentant la conduite de tête du régénérateur. L'eau condensée dans le condenseur de tête (et l'eau d'appoint constituée par l'eau de lavage de l'absorbeur) est renvoyée au régénérateur de façon à équilibrer le bilan eau du système. Le condensat du séparateur de gaz d'alimentation du sécheur (141-F) peut être renvoyé au ballon de séparation des hydrocarbures (137-F) pour réduire la quantité d'eau d'appoint nécessaire.

La solution MEA pauvre provenant du fond du régénérateur est tout d'abord refroidie à 60°C dans les échangeurs 133-C avec la solution MEA riche. Elle est ensuite refroidie dans le refroidisseur (132-C) jusqu'à une température de 38°C par l'eau de mer avant d'être dirigée vers le sommet de l'absorbeur de gaz carbonique. La pompe de circulation de MEA pauvre (131-J/JA) aspire à la sortie du refroidisseur 132-C et refoule au niveau du 5ème plateau de l'absorbeur de CO<sub>2</sub>. Le CO<sub>2</sub> contenu dans le GN est absorbé par la MEA grâce au lavage à contre-courant.

### 1.4.1.3 Colonne d'absorption 131 E : [3]

Colonne d'absorption à 29 plateaux. La MEA pauvre pénètre au niveau du 5ème plateau, le gaz par le fond. Le siphon inversé évite le retour de la MEA vers le 142 D. La hauteur du siphon tient compte du niveau maximal prévu lorsque les plateaux se videront (arrêt ou déclenchement). Le contact se fera tout au long des 25 plateaux. Dans le fond, on maintient un niveau de MEA riche (ayan réagit) qui servira de tampon liquide et empêchera le gaz de pénétrer dans le circuit de régénération. En tête de colonne, le gaz débarrassé de son CO<sub>2</sub>, traverse quatre plateaux de lavage qui ont pour but de retenir la MEA entraînée. Ce lavage s'effectue par une circulation d'eau de chaudière par les pompes 136 J/JA. Le niveau d'eau sur les plateaux étant maintenu par la pression due au passage du débit GN, un minimum de 100 000 Nm<sup>3</sup>/h est nécessaire. Les plateaux n°1 à 4 (eau de lavage) de la colonne 131E «

absorbeur de CO<sub>2</sub> » sont à clapets type A. Le cinquième plateau est de type récepteur à cheminée. Les 24 plateaux restants sont du type perforé. [voir annexe 2,11]

### 1.4.1.4 Rebouilleur 134 C :[3]

Est un rebouilleur à vapeur 4,5 bars (côté calandre vapeur et côté tubes MEA). Il est alimenté par un plateau récepteur à cheminée. La circulation du produit se fait du bas vers le haut du rebouilleur par effet de thermosiphon.

La surface d'échange y est constante, le niveau de condensât étant assuré dans un pot de condensât lié au rebouilleur et au collecteur de condensât du train.

Le fond de colonne servant uniquement de réserve d'alimentation au circuit MEA pauvre.

Les vapeurs de tête (CO<sub>2</sub>, eau et traces de MEA) sont condensées partiellement par le 135 C (échangeur à eau de mer refroidissant à 62 °C). A cette température, le CO<sub>2</sub> reste sous forme de vapeur et peut être facilement évacué vers l'atmosphère. La phase condensée est reprise par les pompes 132 J/JA puis réinjectée dans la colonne sous forme de reflux permettant de conserver la concentration de la solution.[voir annexe3 ]

### 1.4.1.5 Régénérateur 132 E : [3]

Chargé d'éliminer par vaporisation les produits légers venant de la réaction (sels d'acides légers ou CO<sub>2</sub> dissous). Cette vaporisation se fera à basse pression ce qui permet :

- de faciliter la vaporisation
- de travailler à basse température et éviter la dégradation de la MEA

La colonne comporte 25 plateaux (plus un plateau à cheminée), la charge entrant au 1er. Un plateau à cheminée assure l'alimentation du 134 C même si les plateaux inférieurs se déplacent. L'énergie de vaporisation est apportée en grande partie par le 134 C.

[voir annexe 4]

### 1.4.1.6 Echangeurs 133 C1, C2, C3 et C4 :[3]

Le circuit de MEA peut se décomposer en deux parties :

- MEA riche et froide venant de l'absorbeur et qui devra être réchauffée.
- MEA pauvre et chaude venant du régénérateur et qui devra être refroidie.

Le rôle des inters échangeurs est donc d'échanger ces différentes énergies pour économiser l'énergie. Ce sont des échangeurs à tête flottante à 4 passes, la MEA riche passant côté tubes pour des raisons d'acidité. [voir annexe 5]

### 1.4.1.7 Filtre à charbon 132 F : [3]

C'est un filtre sélectif à charbon actif permettant de retenir les hydrocarbures et les polymères. Il peut traiter 5 % du débit (3 m<sup>3</sup> /h). [voir annexe 6]

### 1.4.1.8 Vaporisateur 136 C :[3]

La régénération par vaporisation et condensation partielle ne permet pas d'éliminer certains produits non vaporisables comme les sels d'acides lourds venant de la réaction, les polymères et les produits de dégradation.

Pour les éliminer, on effectue une vaporisation complète d'une petite partie de la MEA sortant du régénérateur (1 à 3 %) dans le vaporisateur. Les produits lourds restent sous forme de boue dans la calandre. Le vaporisateur sera donc arrêté et nettoyé lorsque les dépôts seront importants. [voir annexe 7]



**FigureI.2:** Le vaporisateur

### 1.4.1.9 Filtration de MEA pauvre et riche :[10]

Un filtre à charbon pour MEA pauvre (132-F) et deux filtres à cartouche pour solution MEA riche (131-L) et (175-L) sont prévus pour retenir les impuretés solides de la solution MEA. Si on les laissait s'accumuler, ces impuretés risqueraient de faire mousser la solution dans l'absorbeur 131-E et dans le régénérateur 132-E. Les trois filtres n'admettent qu'une partie du débit total de leur solution respective.

### a) Filtration de MEA pauvre :

La solution MEA pauvre traversant le filtre 132-F est prélevé en aval de la vanne de régulation (FV-II0). Le débit, indiqué sur FI-112, est contrôlé par une vanne manuelle. Le débit prévu est égal à 5% environ de celui de la solution pauvre (3,2 m<sup>3</sup>/h). Le courant de soutirage pénètre par le haut et s'écoule à travers du lit de charbon actif, sort par le fond, se mélange à la solution pauvre et passe dans l'absorbeur.[2]

### b) Filtration de MEA riche :

La solution MEA riche provenant du bas de l'absorbeur est prélevée en amont de la vanne de régulation de niveau (LV-I09) et pénètre par le fond du filtre à cartouche 131-L puis il passe par le 175-L. le débit est égal à environ 10% de celui de la solution riche quittant le fond de l'absorbeur et sa valeur (6,35 m<sup>3</sup>/h) est indiquée sur FI-I04. Ce débit est contrôlé manuellement par une vanne montée sur la conduite d'admission du filtre. La MEA filtrée ressort en tête de colonne et rejoint la solution riche pour passer dans le ballon de séparation des hydrocarbures 137-F. Ces filtres à cartouche servent à retenir des matières solides comme le tartre, la boue et quelques produits corrosifs contenus dans la MEA.[4]

#### 1.4.1.10 Système d'injection anti-mousse : [5]

Une pompe doseuse (132-LJ) aspire du fond du réservoir, au travers d'un filtre, et refoule la solution anti-mousse au niveau de l'aspiration de la pompe de circulation de MEA (131-J). Le débit d'injection de la solution anti-mousse dans la solution de MEA en circulation est déterminé par les conditions d'opérations existantes. Au refoulement de la pompe, un PI indique la pression. En cas de surpression, une soupape refoule dans le bac.

### 1.5 Mécanisme d'interaction entre le CO<sub>2</sub> et la MEA : [6]

L'absorption du CO<sub>2</sub>, par la Monoéthanolamine aura lieu à basse température et à haute pression.

Le gaz naturel est amené dans la colonne à contre-courant par une solution aqueuse à 15 % à la température d'amorçage : 38 °C et la pression 42 Bars.

Il va se produire la réaction chimique suivante :



C'est une réaction exothermique accompagnée d'un dégagement de chaleur (Q).

Elle est réversible : en apportant une certaine quantité d'énergie au produit de réaction, nous pouvons retrouver les produits initiaux : MEA + Eau en phase gazeuse.

CO<sub>2</sub> en phase gazeuse.

Ce qui permet d'éliminer le CO<sub>2</sub>, de réutiliser la Monoethanolamine et de fonctionner sans perte. En théorie, cette régénération est parfaite et le système fonctionne sans perte, ce qui n'est pas le cas en pratique ou il faudrait éliminer d'autres produits tels que les hydrocarbures entraînés avec la MEA pour retrouver la solution de départ.

### 1.6 Propriétés de MEA : [7]

La MEA est un composé mixte qui possède à la fois des propriétés des alcools et des amines. Aux conditions normales de pression et de température, la MEA est un liquide légèrement visqueux, présentant une faible odeur ammoniacale, elle est soluble en toute proportion à l'eau, les Alcools et les Cétones Aliphatiques à chaîne courte. Sa solubilité est nulle dans les esters des Hydrocarbures Aliphatiques et Aromatiques ainsi que dans l'éther. La MEA est légèrement volatile avec la vapeur d'eau et absorbe l'anhydride carbonique de l'air.

Elle possède de forte propriétés basiques (PH=12.5a température ambiante). La MEA n'est pas nocive dans les conditions normales d'emploi, mais sa manipulation est plus dangereuse car sa nature alcaline peut provoquer des maladies oculaires et une irritation cutanée.

Par exposition prolongée à la lumière la MEA finit par se colorer en jaune claire et cela est dû sans doute à l'influence d'impuretés et des traces de métaux (Cu, Fe) présents dans les cuves d'appoint (une solution brune indique une oxydation due à un contact avec l'oxygène). Sa cristallisation conduit à des cristaux blanc translucides, elle a une densité légèrement supérieure à celle de l'eau (d=1.0179). C'est un corps combustible

## **Chapitre 2 :**

### **Théorie sur le Problème de moussage**

### 2.1 Problématique :

Le gaz naturel alimentant une unité de liquéfaction doit subir au préalable, un traitement afin de lui enlever les traces de gaz contaminants susceptibles de se solidifier lors du refroidissement, l'une de ces traces est le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Pour éliminer ce produit, plusieurs procédés existent, dont le plus couramment utilisé est le traitement à la MONOETHANOLAMINE (MEA) à une concentration de l'ordre de 15 % en poids.

L'étude se basera essentiellement sur la section de décarbonatation qui a un rôle très important pour la suite des opérations de liquéfaction.

Parmi les problèmes rencontrés dans cette section, on trouve le moussage de la MEA en tête de la colonne de décarbonatation.

Lors de la conception de ces sections, les constructeurs prévoient toujours des équipements annexes pour remédier à ce problème (purificateur d'amine, filtration d'amine et un système d'injection d'antimousse). Plusieurs modifications ont été effectuées pour réduire ce phénomène (suppression des plateaux supérieurs et installation d'une nouvelle filtration d'amine) mais le problème persiste encore.

Pour cela GNL2Z a effectué le remplacement de la colonne de décarbonatation à plateaux dans l'unité 6 par une colonne à garnissage. Notre travail a été concentré sur une étude comparative entre une colonne de décarbonatation à plateaux avec une colonne à garnissage.

### 2.2 Phénomène de moussage :

#### 2.2.1 Définition Moussage :

Le moussage est un phénomène qui se produit lors de la décarbonatation où une mousse se forme dans la colonne d'absorption, ce qui entraîne des problèmes opérationnels. La mousse se forme généralement à cause de la présence de contaminants dans le gaz naturel ou de l'accumulation de produits chimiques tels que la MEA dans la colonne. Le moussage peut entraîner une réduction du débit des installations, une augmentation des pertes de MEA, une régénération inadéquate et une efficacité de traitement réduite. De plus, le moussage entraîne une augmentation de la perte de charge dans la colonne, ce qui peut affecter la performance globale du processus.

### 2.2.2 Facteurs Favorisant le Moussage :[6,8]

Le moussage peut réduire le débit des installations, augmenter les pertes de MEA, empêcher une régénération adéquate et affecter de manière contraire l'efficacité de traitement.

Le moussage réduit également l'efficacité de transfert de masse sur les plateaux à cause du mauvais contact entre le gaz et le liquide. Il est presque toujours accompagné d'une élévation de la perte de charge de la colonne.

L'expérience a montré que ce problème pouvait intervenir en cas de présence de :

- Des hydrocarbures liquides dans le gaz.
- Des inhibiteurs de corrosion.
- Des produits de dégradation de MEA.
- Variation brusque de débit de charge ou de MEA.
- Des turbulences excessives et une grande vitesse de contact liquide/gaz entraînent également un moussage de la solution.
- Huiles et graisse
- Phénomène d'engorgement des plateaux
- D'excès d'agent anti-mousse.

#### **Des hydrocarbures liquides dans le gaz :**

Lorsque des hydrocarbures liquides sont présents dans le gaz à traiter, ils peuvent causer des problèmes dans la section de décarbonatation et la solution MEA. Les liquides peuvent s'accumuler dans la colonne d'absorption et former des poches qui peuvent entraîner des fluctuations de pression et des engorgements de la colonne. Les liquides peuvent également réagir avec la solution MEA et provoquer une dégradation de la solution, ce qui peut réduire son efficacité d'absorption de CO<sub>2</sub>.

Pour éviter ces problèmes, il est important de surveiller la qualité du gaz à traiter et de s'assurer qu'il ne contient pas de quantités excessives d'hydrocarbures liquides. En outre, l'utilisation de tamis moléculaires pour éliminer les liquides du gaz peut aider à prévenir les problèmes dans la section de décarbonatation et la solution MEA.



### **Inhibiteurs de corrosion :**

Les inhibiteurs de corrosion, qui sont généralement des produits organiques assez lourds tels que les polyamines, peuvent être utilisés dans les installations en amont du processus de lavage du gaz ou pour protéger les tuyauteries de transfert de gaz.

Cependant, il est important de noter que les traces d'inhibiteurs de corrosion présentes dans la solution d'amine ne peuvent être éliminées qu'en les adsorbants sur du charbon actif ou en utilisant un purificateur d'amine.

Il est primordial de choisir l'inhibiteur de corrosion approprié en fonction de la composition de la solution de MEA (monoéthanolamine) ainsi que des facteurs environnementaux et opérationnels. Il est également essentiel de surveiller régulièrement la qualité de la solution et la concentration des inhibiteurs afin d'éviter tout impact négatif sur l'efficacité de l'absorption du CO<sub>2</sub>.

### **Dégradation de la MEA :**

La détérioration de la MEA peut entraîner des conséquences néfastes telles que :

- Une absorption inefficace du CO<sub>2</sub>
- Une régénération inadéquate de la MEA

Les produits formés lors de la détérioration de la MEA sont généralement moins volatils et peuvent être séparés de la solution par vaporisation dans un vaporiseur. Cette détérioration résulte de la transformation de la MEA en produits présentant des structures différentes. Elle est causée par plusieurs anomalies de fonctionnement de la section, qui se manifestent de la manière suivante :

- Dégradation thermique.
- Dégradation par formation des produits non régénérable.

### **Variation brusque de débit de charge ou de MEA.**

Une variation brusque de débit de charge ou de MEA peut entraîner des problèmes dans la section de décarbonatation et la solution. Lorsque la charge entrante ou la quantité de MEA change rapidement, cela peut perturber l'équilibre dans la colonne d'absorption. Cela peut entraîner une fluctuation de la pression et du niveau de liquide sur les plateaux, ce qui peut entraîner des problèmes tels que la formation de mousse et l'engorgement des plateaux.

## Chapitre II : Théorie sur le problème de moussage

---

Pour éviter ce problème, il est important de contrôler le débit de charge et la quantité de MEA de manière stable et cohérente. Cela peut être fait en utilisant des vannes de régulation et des contrôleurs de débit pour maintenir un débit constant. De plus, une surveillance régulière des niveaux de liquide et de pression dans la colonne d'absorption peut aider à identifier rapidement tout problème émergent et à prendre des mesures correctives pour éviter les conséquences graves.

### **Des turbulences excessives et une grande vitesse de contact liquide/gaz entraînent également un moussage de la solution :**

Le passage décrit que des turbulences excessives et une grande vitesse de contact liquide/gaz peuvent entraîner un moussage de la solution. Cela signifie que des bulles de gaz se forment dans la solution, ce qui peut affecter l'efficacité de la décarbonatation. Le moussage peut également entraîner des problèmes de fonctionnement des équipements, comme des pompes ou des échangeurs de chaleur.

Pour éviter le moussage, il est possible de réduire la vitesse de contact liquide/gaz, d'utiliser des équipements spécialement conçus pour minimiser la turbulence ou d'ajouter des agents anti-moussants à la solution.

### **Huiles de graissage :**

Le problème des huiles dans la section de décarbonatation et la solution de MEA peut survenir en raison de plusieurs facteurs. Les huiles peuvent entrer dans le système de traitement de gaz à partir de l'équipement de compression ou de l'unité de séparation de gaz. Une fois dans le système de traitement de gaz, les huiles peuvent se dissoudre dans la solution de MEA et perturber son efficacité.

Les huiles peuvent également causer des problèmes dans la section de décarbonatation en formant une couche de mousse à la surface de la solution de MEA, empêchant ainsi la réaction entre le gaz et la solution. En outre, la présence d'huiles peut entraîner la formation de dépôts sur les plateaux d'absorption, perturbant ainsi le flux de gaz et la circulation de la solution de MEA.

Pour éviter les problèmes liés aux huiles dans la section de décarbonatation et la solution de MEA, il est important de surveiller la qualité du gaz d'alimentation et de l'équipement de compression, en effectuant une maintenance régulière et en utilisant des filtres appropriés pour éliminer les contaminants. Il peut également être utile d'ajouter des produits chimiques spécifiques, tels que des détergents, pour aider à éliminer les huiles de la solution de MEA. Enfin, le nettoyage régulier des équipements de la section de décarbonatation peut aider à

prévenir la formation de dépôts et de mousse causés par les huiles.

### **Phénomène d'engorgement des plateaux :**

La MEA réagit avec certaines impuretés présentes dans le gaz à traiter et forme des produits de dégradation. Si ces produits s'accumulent, ils peuvent obstruer les déversoirs et les clapets de la colonne, empêchant ainsi la circulation de la solution MEA-GN. Les niveaux de liquide sur les plateaux augmentent continuellement, ce qui provoque un engorgement de la colonne et une augmentation de la pression différentielle. Ce phénomène peut également entraîner l'entraînement de la MEA à la sortie de la colonne d'absorption, ce qui peut être dangereux pour les sécheurs. Le moussage qui en résulte limite la capacité de la section de décarbonatation, entraîne des pertes de solution et affecte les performances de l'absorbeur et de la colonne. Les signes de moussage comprennent une chute de pression à travers les plateaux de l'absorbeur, une augmentation du niveau de liquide dans le ballon séparateur du sécheur d'alimentation et une chute de pression dans le régénérateur. Bien que le vaporisateur puisse continuer à fonctionner normalement en cas de moussage, le niveau du fond du régénérateur variera rapidement. Pour éviter l'engorgement des plateaux, il est important de surveiller régulièrement la qualité de la solution de MEA et de prendre des mesures préventives pour prévenir l'accumulation de produits de dégradation et de mousse. Cela peut inclure l'utilisation d'agents moussants, l'installation de dispositifs de détection de mousse et de vannes de dérivation, et le nettoyage régulier des équipements de la section de décarbonatation. En outre, il est important de maintenir une température, un pH et une concentration appropriés de la solution de MEA pour éviter les conditions qui favorisent l'engorgement des plateaux.

### **D'excès d'agent anti-mousse :**

L'excès d'agent anti-mousse dans la section de décarbonation peut causer plusieurs problèmes. Tout d'abord, cela peut entraîner une diminution de l'efficacité de l'absorption du CO<sub>2</sub>, car l'agent anti-mousse peut agir comme un contaminant et perturber l'interaction entre la solution de MEA et le CO<sub>2</sub>. De plus, un excès d'agent anti-mousse peut affecter la stabilité de la solution de MEA et causer des problèmes de corrosion. En effet, certains agents anti-mousses contiennent des composés chimiques qui peuvent réagir avec la MEA et causer une dégradation de la solution, entraînant ainsi une perte de la capacité d'absorption du CO<sub>2</sub>. Enfin, l'excès d'agent anti-mousse peut également entraîner une augmentation de la consommation d'énergie, car l'agent anti-mousse doit être éliminé de la solution de MEA lors

## Chapitre II : Théorie sur le problème de moussage

---

de la régénération. Cela peut augmenter les coûts d'exploitation et réduire la rentabilité du processus de décarbonation.

Pour éviter ces problèmes, il est important de contrôler la quantité d'agent anti-mousse ajouté à la solution de MEA et de s'assurer qu'elle est compatible avec la MEA. De plus, il est recommandé de surveiller régulièrement la qualité de la solution de MEA pour détecter toute dégradation et prendre des mesures correctives si nécessaire.

### **2.2.3 PRECAUTION A PRENDRE CONTRE LE MOUSSAGE :**

En cas d'apparition du phénomène de moussage dans le GNL2Z, l'opérateur a les consignes suivantes :

- Réduire la charge de l'unité en diminuant l'apport de MEA et de GN. Prévoir l'installation d'un séparateur liquide-vapeur en amont de la colonne d'absorption pour éliminer les hydrocarbures liquides.
- Utiliser des filtres à charbon distincts pour la MEA pauvre et la MEA riche afin de retenir les impuretés solides en suspension dans la solution circulante.
- En tant que mesure provisoire, injecter des agents anti-moussants en tête de la colonne d'absorption afin de permettre la détection de la cause du moussage et de l'éliminer.

# **Chapitre 3 :**

## **Partie calcul**

### 3.1 Analyse des problèmes :

Après avoir identifié les sources potentielles de moussage dans la section de décarbonation, des analyses ont été menées pour étudier l'influence des principaux facteurs favorisant ce phénomène. L'étude a été menée en suivant les variations de la mousse avant et après l'arrêt du train 600. Les facteurs suivants ont été pris en compte :

- ❖ L'influence de la température de la solution MEA sur le moussage.
- ❖ L'influence des hydrocarbures lourds sur le moussage.
- ❖ L'influence de l'utilisation excessive d'anti-mousse sur le moussage.
- ❖ L'influence des chlorures sur le moussage.

Des expériences ont été menées au laboratoire du complexe GL2/Z pour mesurer l'impact de chaque paramètre sur le volume de mousse généré.

#### 3.1.1 Principe de l'essai de moussage de la solution MEA :

Le principe de l'essai de moussage de la solution MEA dans la section de décarbonation est de mesurer le volume de mousse produite lorsqu'un gaz (par exemple, de l'azote) est dispersé dans un échantillon de la solution MEA à l'aide d'un tube de dispersion de gaz (diffuseur). L'échantillon est placé dans une éprouvette graduée en verre, et le volume de la mousse produite est enregistré en ml.

Cet essai permet de déterminer l'influence des principaux facteurs (température, hydrocarbures lourds, excès d'anti-mousse, chlorures) sur le phénomène de moussage dans la solution MEA. En mesurant le volume de mousse produit pour chaque paramètre testé, on peut déterminer lequel a le plus grand effet sur le moussage. Cette information peut ensuite être utilisée pour ajuster les paramètres de la section de décarbonation et éviter ou réduire le phénomène de moussage.

On disperse le gaz dans une éprouvette graduée de 250 ml contenant 50 ml de la solution échantillonnée à analyser. On enregistre le volume de la mousse produite en (ml).

### 3.1.2 Analyse % CO<sub>2</sub> et % MEA dans la solution de MEA :

#### Mode opératoire :

Cette méthode permet de déterminer le pourcentage de CO<sub>2</sub> et de MEA dans la solution de MEA. Voici les étapes de l'analyse :

- Prendre 5 ml de l'échantillon et les introduire dans un erlenmeyer.
- Ajouter 100 ml d'eau distillée et 2 gouttes de phénolphthaléine. La solution devient rose.
- Traiter avec H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> normal jusqu'à ce que la solution soit complètement décolorée. Noter le volume (V<sub>1</sub>) d'acide utilisé en millilitres.
- Ajouter 2 gouttes d'indicateur mixte à la solution et continuer le titrage jusqu'à ce que la couleur rose réapparaisse.
- Noter le volume (V<sub>2</sub>) d'acide utilisé depuis le début du titrage en millilitres.

**Principe :** Pour calculer le pourcentage de MEA et de CO<sub>2</sub> dans la solution, on peut utiliser les formules suivantes :

$$\% \text{ MEA} = V_2 \times 1,25$$

$$\% \text{ CO}_2 = (V_2 - (V_1 + 0,75)) \times 0,7$$

Où : V<sub>1</sub> est le volume d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) utilisé pour neutraliser le CO<sub>2</sub> présent dans l'échantillon, exprimé en millilitres (ml).

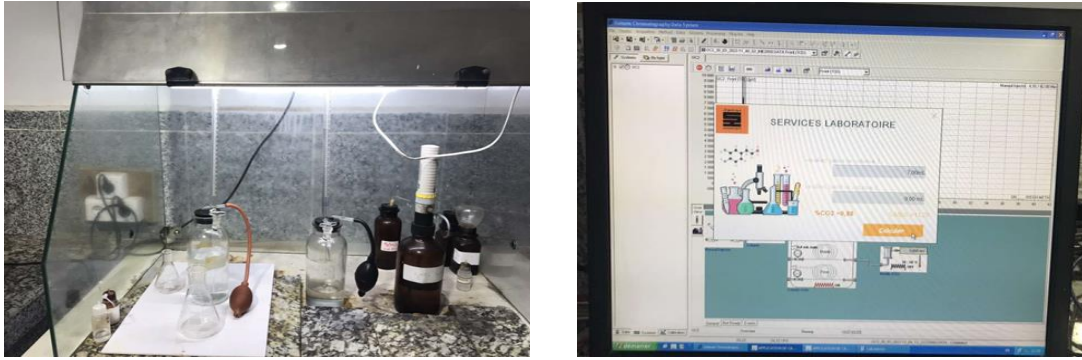
V<sub>2</sub> est le volume total d'acide sulfurique utilisé pour neutraliser l'échantillon, exprimé en millilitres (ml).

(1,25) est un facteur de conversion pour calculer la concentration en MEA dans la solution.

(0,75) est un volume en ml correspondant à l'eau libre dans l'échantillon.

(0,7) est un facteur de conversion pour calculer la concentration en CO<sub>2</sub> dans la solution.

Il est important de noter que ces formules sont spécifiques à la méthode de titrage alcalimétrique décrite dans le contexte donné, et peuvent varier selon la méthode utilisée pour analyser la solution de MEA et de CO<sub>2</sub>.



**Figure III.1** : détermination le pourcentage de CO<sub>2</sub> et de MEA

Les résultats du tableau présentent les mesures de la concentration de MEA (monoéthanolamine), de CO<sub>2</sub> et du niveau de moussage dans une solution de MEA sur une période de 12 jours. Voici une interprétation et une discussion des résultats :

[voir annexe 9]

La concentration de MEA varie au cours de la période de mesure, avec des valeurs allant de 11,38 à 15,88. Cela peut indiquer des variations dans la composition de la solution de MEA, qui peuvent affecter son efficacité dans la capture du CO<sub>2</sub>.

La concentration de CO<sub>2</sub> présente également des variations, allant de 0,31 à 1,92. Des concentrations plus élevées de CO<sub>2</sub> peuvent indiquer une moins bonne capture du CO<sub>2</sub> par la solution de MEA.

Le niveau de moussage varie entre 10 et 20, avec des valeurs plus élevées observées à certains moments. Des niveaux élevés de moussage peuvent indiquer une contamination de la solution, ce qui peut compromettre son efficacité dans la capture du CO<sub>2</sub>.

En examinant les données, on observe des variations de concentration de MEA, de CO<sub>2</sub> et de niveau de moussage à différentes dates et heures de mesure. Ces variations peuvent être le résultat de divers facteurs, tels que les conditions opérationnelles, les variations de la composition de la solution, la présence de contaminants ou la qualité de l'équipement de mesure.

Il est important de surveiller attentivement ces paramètres pour s'assurer que la solution de MEA maintient son efficacité dans la capture du CO<sub>2</sub>. Des concentrations de MEA et de CO<sub>2</sub> optimales, ainsi qu'un niveau de moussage faible, sont souhaitables pour garantir une performance optimale du système de capture du CO<sub>2</sub>.



Cependant, il convient de noter que l'interprétation des résultats est limitée sans une méthodologie détaillée sur la manière dont les mesures ont été effectuées. Des informations supplémentaires sur les techniques d'analyse, les conditions expérimentales et les limites de détection sont nécessaires pour une évaluation plus précise des résultats.

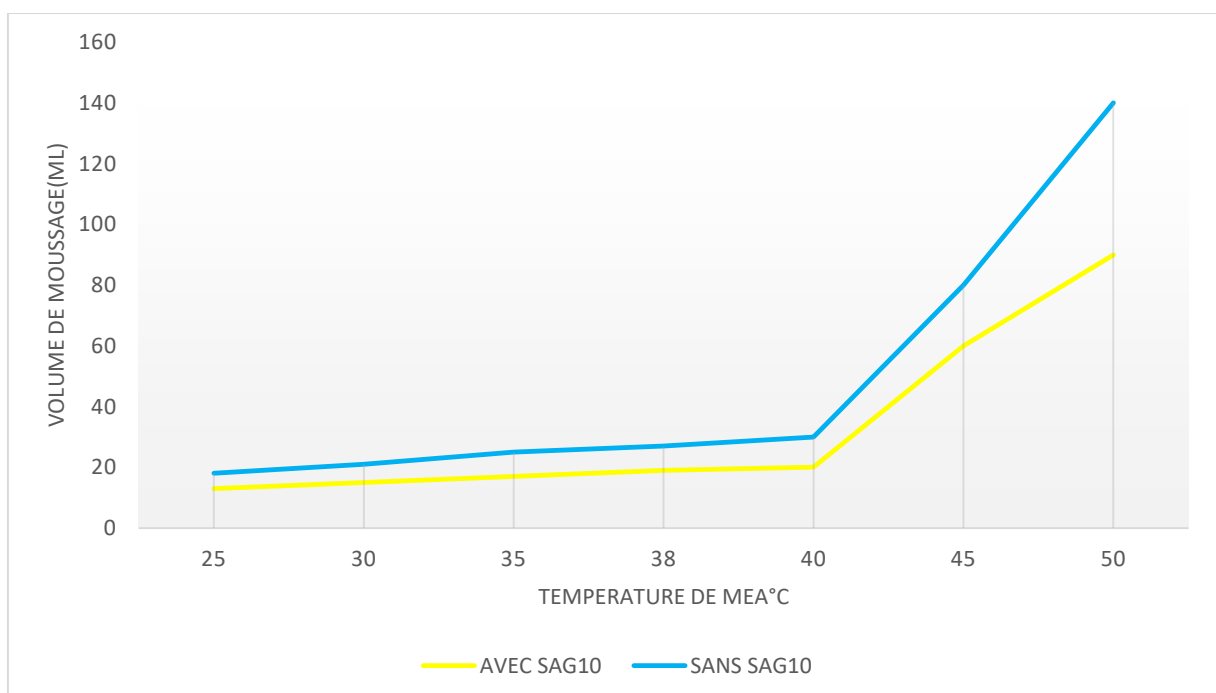
### 3.1.3 Influence de la température de la solution MEA à 15 % sur le moussage :

Afin d'étudier l'effet de la température sur le phénomène de moussage dans la section de décarbonatation du complexe, nous avons mené des expériences consistant à chauffer des solutions de MEA à 15% avec et sans l'ajout d'anti-mousse SAG10 à différentes températures. Les étapes suivantes ont été suivies :

- Des volumes de 50 ml de plusieurs solutions de MEA à 15% avec et sans SAG10 (50 ppm) ont été chauffés à différentes températures allant de 25°C à 50°C en utilisant un bain-marie.
- Les solutions ont ensuite été transférées dans des éprouvettes graduées de 250 ml.
- Un gaz a été dispersé dans ces solutions préparées.
- Une fois la mousse formée, le volume de celle-ci a été mesuré en millilitres (ml).

#### Exploitation des résultats :

Afin de bien visualiser l'effet de la température sur le phénomène de moussage, nous avons tracé la courbe ci-dessous :



**Figure III.2** : La variation du moussage en fonction de la température de la solution MEA à 15 %.

En ajoutant un anti-mousse, la formation de la mousse a été réduite par rapport au test à blanc. Cela montre que l'anti-mousse est efficace dans la réduction du phénomène de moussage.

Dans la plage de température de 38°C à 40°C, le volume de la mousse correspond aux spécifications de conception de 10 ml. Cela signifie que pour éviter le phénomène de moussage, il est recommandé de maintenir la température de la solution MEA dans cette plage.

Cependant, lorsque la température dépasse 40°C, la réaction de régénération est accélérée, ce qui augmente la libération de CO<sub>2</sub> et favorise ainsi l'augmentation du moussage. Il est donc important de maintenir la température de la solution MEA en dessous de 40°C pour éviter le phénomène de moussage.

En conclusion, la température de la solution MEA a un impact significatif sur le phénomène de moussage, et l'utilisation d'un anti-mousse peut aider à réduire la formation de la mousse. Il est recommandé de maintenir la température de la solution MEA en dessous de 40°C pour éviter l'augmentation de la mousse.

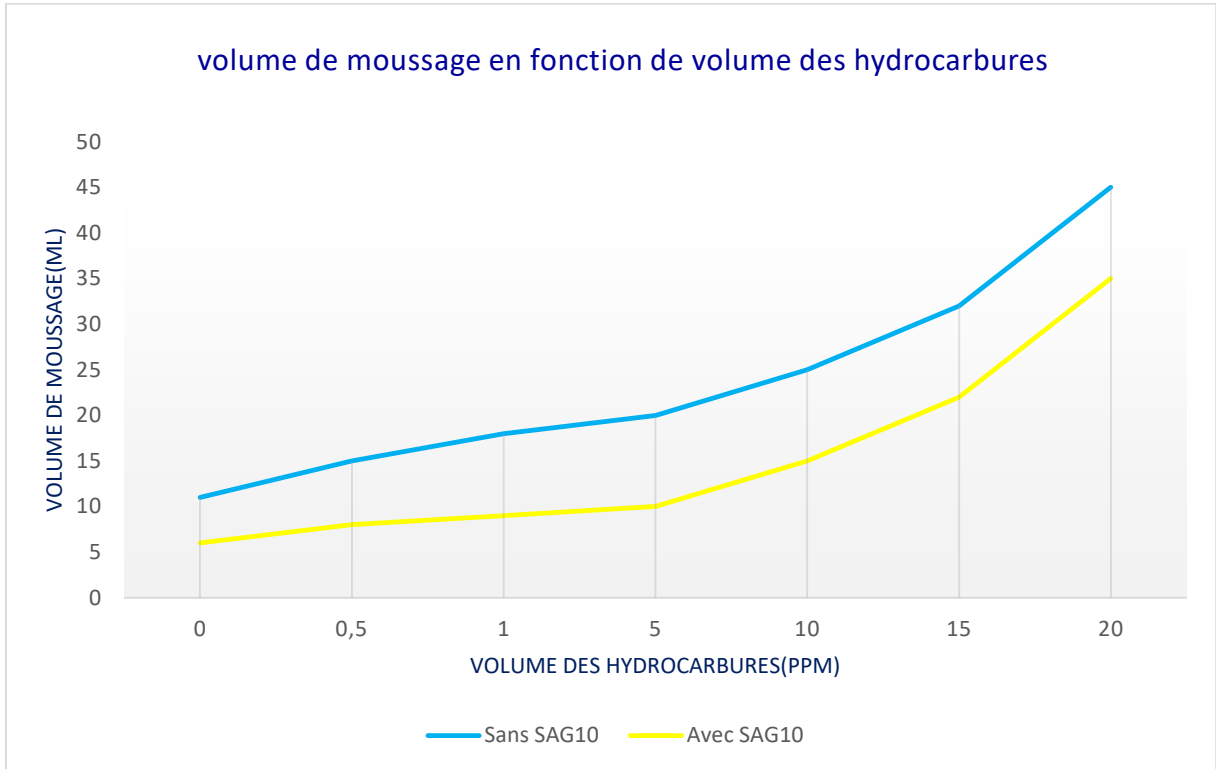
### **3.1.4 Influence des hydrocarbures lourds sur le moussage :**

Afin de voir l'influence des hydrocarbures lourds, nous pris comme exemple la gazoline qui est un hydrocarbure lourd, sa composition molaire est donnée par la chromatographie. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau [voir annexe 13]

Pour étudier l'influence de la présence de traces d'hydrocarbures sur le phénomène de moussage, nous avons réalisé des tests en utilisant une solution de MEA à 15% et en variant le volume de gazoline à chaque fois, tout en maintenant une température constante de 38°C. Pour cela, nous avons dispersé le gaz dans une éprouvette graduée de 250 ml contenant 50 ml d'échantillon à analyser. Nous avons également effectué un essai à blanc dans les mêmes conditions (sans agent anti-mousse). Le volume de mousse produit a été noté en millilitres (ml).

Afin de bien visualiser l'effet de la température sur le phénomène de moussage, nous

Avons tracé la courbe ci-dessous :



**Figure III.3 :** volume de moussage en fonction de volume des hydrocarbures

En analysant le tableau, nous pouvons faire les observations suivantes : L'ajout d'anti-mousse (ASG10) réduit la formation de mousse par rapport à l'essai sans anti-mousse. Dans tous les cas, les volumes de mousse sont plus faibles avec l'ajout d'ASG10.

Lorsque la concentration de gazoline augmente, le volume de mousse tend à augmenter. Cependant, cette tendance est atténuée en présence d'ASG10.

Pour des concentrations de gazoline plus élevées (15 ml et 20 ml), l'effet de l'ASG10 devient plus significatif, réduisant considérablement le volume de mousse par rapport à l'essai sans anti-mousse.

Les différences de volume de mousse entre les essais avec et sans ASG10 sont plus marquées pour les faibles concentrations de gazoline (0 ml et 0,5 ml) et deviennent moins prononcées pour les concentrations plus élevées (10 ml, 15 ml et 20 ml). Ces observations suggèrent que l'ajout d'ASG10 est efficace pour réduire la formation de mousse, surtout pour les faibles concentrations de gazoline. Cependant, à des concentrations plus élevées, même l'ASG10 ne peut pas éliminer complètement le moussage, bien que son effet reste significatif. Ces résultats soulignent l'importance de contrôler la présence de traces d'hydrocarbures pour prévenir le phénomène de moussage dans la solution MEA.

### 3.1.5 Influence de l'excès d'anti mousse sur le moussage :

Un excès de produits anti-mousse peut entraîner une concentration excessive avec la MEA, provoquant la décomposition des produits lors de leur passage dans le circuit de régénération. La préparation adéquate de la solution anti-mousse dépend de trois facteurs importants :

- 1- L'état du système d'injection anti-mousse, y compris l'indicateur de niveau et l'agitateur, est crucial pour assurer un dosage approprié de la solution anti-mousse.
- 2- L'opérateur chargé de la préparation de la solution doit être compétent et suivre les instructions du fabricant, car une préparation incorrecte peut compromettre l'efficacité de l'anti-mousse.
- 3- L'état de la pompe d'injection de la solution anti-mousse est également important pour garantir un débit et une injection corrects.

En prenant en compte ces trois facteurs, on peut éviter les problèmes liés à un excès de produits anti-mousse, tels que la décomposition des produits chimiques et une efficacité réduite dans le contrôle du moussage.

#### a. MEA pure

%MEA = 99,7 %.

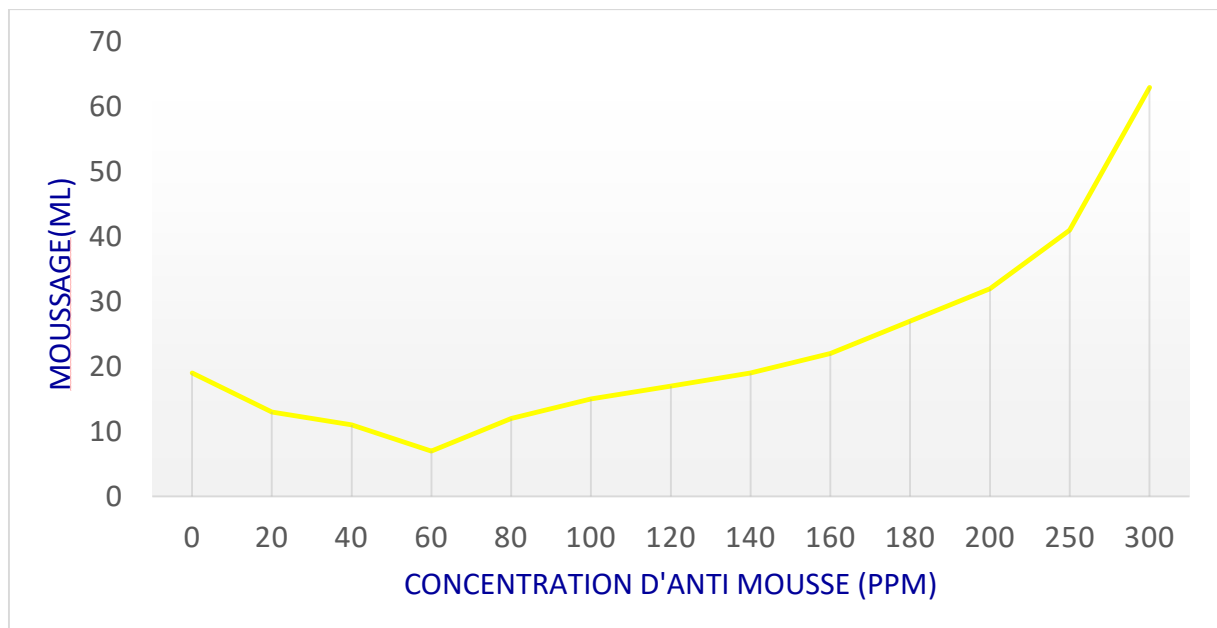
Densité = 1,010.

Viscosité absolue = 10,12 centpoises

#### b. Anti-mousse SAG 10

Densité = 0,970.

Viscosité cinématique = 41,03 cts.



**Figure III.4 :** la variation du moussage en fonction de la concentration d'anti mousse

Le tableau montre les résultats de l'expérimentation de la concentration d'anti-mousse en ppm (parties par million) et la quantité de moussage en ml. On peut voir que la quantité de moussage diminue avec l'augmentation de la concentration d'anti-mousse jusqu'à environ 60 ppm, où elle atteint un minimum de 7 ml. Au-delà de cette concentration, la quantité de moussage commence à augmenter à nouveau, atteignant un maximum de 63 ml à 300 ppm. Il est donc important de doser avec soin la concentration d'anti-mousse pour atteindre un niveau optimal de réduction de la mousse tout en évitant les effets indésirables d'une concentration excessive.

### **Explication :**

Lorsque la réaction d'anti-mousse se produit, une certaine quantité d'anti-mousse peut ne pas réagir et se comporter comme un agent moussant. Il est important de purger cette quantité pour éviter tout effet négatif sur la qualité de la MEA. Ce problème peut être observé lorsque la couleur de la MEA change de blanc clair à blanc foncé.

D'après les résultats de l'expérience effectuée au laboratoire, il est recommandé d'utiliser une concentration d'anti-mousse de 50 ppm pour obtenir une MEA de haute qualité.

### **Le choix de l'anti-mousse :**

Les agents anti-moussants dépendent de la composition du gaz de l'alimentation. Les anti-mousses les plus populaires et efficaces utilisés dans la section de traitement de gaz peuvent être classés en quatre types principaux :

- les type hydrocarbures à savoir les huiles minérales.
- les types alcool(ester) savons à savoir glycols, acides gras et dérivés.
- les types silicones à savoir les émulsions à 10 et 30%.
- une combinaison 1 et 3.

Les anti-mousses les plus utilisés sont les composés silicones. Les concentrations désirables pour une bonne suppression de mousse sont généralement de 10 à 15 ppm dans la solution de circulation.

Les anti-mousses solubles dans l'eau sont souvent plus efficaces s'ils sont dilués avant d'être injecté dans le système.

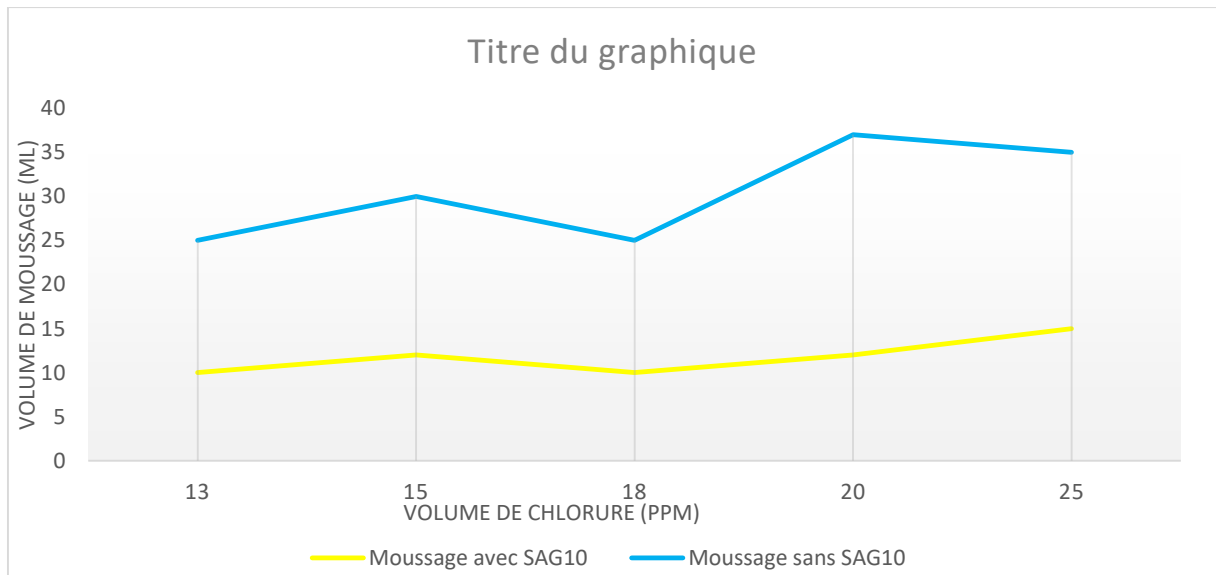
### 3.1.6 L'influence de chlorure sur le moussage :

L'influence des chlorures sur le phénomène de moussage peut être significative. Les chlorures présents dans la solution de MEA peuvent agir comme des agents moussants ou favoriser la formation de mousse. Cela peut être dû à plusieurs facteurs :

**Interactions chimiques :** Les chlorures peuvent réagir avec les composés présents dans la solution de MEA, notamment les amines, pour former des sous-produits qui sont des agents moussants. Ces sous-produits peuvent augmenter la stabilité de la mousse et entraîner une augmentation du moussage.

**Modification des propriétés physiques :** Les chlorures peuvent modifier les propriétés physiques de la solution de MEA, telles que la tension superficielle ou la viscosité. Ces modifications peuvent favoriser la formation et la stabilité de la mousse.

**Effets sur les conditions de réaction :** Les chlorures peuvent également affecter les conditions de réaction entre la MEA et le CO<sub>2</sub>. Ils peuvent modifier la cinétique de la réaction ou l'équilibre de la réaction, ce qui peut avoir un impact sur la formation de mousse.



**Figure III.5:** La variation du moussage en fonction de volume de chlorure

Nous avons une série de données représentant les concentrations de chlorure (en ppm) ainsi que les volumes de moussage (en ml) correspondants dans deux scénarios différents : sans l'utilisation de SAG10 et avec l'utilisation de SAG10.

### Chapitre III : Les Analyses

---

Les résultats indiquent que l'augmentation de la concentration de chlorure entraîne une augmentation de la formation de mousse. Les chlorures présents dans l'eau de mer provoquent une dégradation partielle de la solution MEA, ce qui altère la réaction entre la MEA et le CO<sub>2</sub>, conduisant ainsi à une mauvaise absorption du CO<sub>2</sub>. Afin d'éviter ce problème de formation de mousse, il est nécessaire de maintenir la quantité de chlorure à un niveau négligeable, inférieur à 15 ppm.

Les résultats des tests précédents confirment l'hypothèse selon laquelle la contamination par les chlorures contribue au phénomène de formation de mousse identifié dans notre diagnostic initial

### Recommandation :

- La pompe anti-mousse est essentielle pour assurer la bonne dilution de la solution anti-mousse et éviter l'excès d'injection. L'excès d'injection peut réduire l'efficacité de la solution MEA en augmentant la concentration de chlorures.
- Éviter le nettoyage du système MEA par l'eau de mer est une bonne pratique pour éviter la contamination par les chlorures. L'eau de mer peut contenir des niveaux élevés de chlorures qui peuvent causer des problèmes de corrosion et de moussage.
- La procédure de lessivage pour l'élimination des dépôts dans les conduits est une bonne pratique pour maintenir le système propre et réduire les risques de formation de bouchons.
- Le suivi d'analyse de la concentration des chlorures dans la solution MEA est une bonne pratique pour identifier l'origine de la contamination et prendre les mesures nécessaires pour l'éliminer.
- Le respect des paramètres de régénération est essentiel pour assurer l'efficacité de la solution MEA. La pression, la température et le débit de vapeur de rebouilleur doivent être ajustés pour garantir une régénération complète de la solution.
- La concentration de la solution MEA pauvre doit être 15 à 25% pour éviter les problèmes de corrosion. La limite maximale de concentration dépend de la qualité de l'eau et des niveaux de contaminants. Il est important de surveiller régulièrement la concentration de la solution MEA pour éviter les problèmes.
- Utiliser le bac de stockage au lieu du puisard pour préparer la solution MEA. Ce bac est équipé d'un système d'inertage à l'azote, ce qui permet d'éviter le contact de l'air avec la solution et de réduire les risques de contamination.
- Mettre en place une procédure de lessivage régulier pour éliminer les dépôts dans les conduits et assurer un flux de liquide optimal.
- Effectuer un suivi de l'analyse de la concentration des chlorures dans la solution MEA en prélevant des échantillons aux points suivants : sortie X32C (MEA pauvre), condenseur de tête X35C, lignes des pompes et de récupération vers le puisard. Cela permettra de déterminer l'origine de la contamination par les chlorures.
- Limiter la température des amines riches à une valeur inférieure à 43°C pour éviter les problèmes de dégradation et de formation de mousse.
- Éliminer les matières solides présentes dans le système pour éviter les obstructions et les problèmes de circulation.



### **Chapitre III : Les Analyses**

---

En suivant ces recommandations, vous pourrez optimiser le fonctionnement de la section de décarbonatation et minimiser les problèmes potentiels liés à la corrosion, à la contamination et à la formation de mousse.

### **Conclusion :**

Le travail réalisé pendant notre stage au complexe de liquéfaction du gaz naturel "GL2/Z" avait pour objectif de diagnostiquer le problème dans la section de décarbonatation, et de proposer des solutions et recommandations. Les résultats obtenus grâce aux différentes analyses nous ont permis de déterminer les causes de ce problème :

La solution MEA pauvre utilisée dans la section est mal préparée, car sa concentration est inférieure à la norme requise de 15%.

La surconsommation est due aux apports excessifs de MEA effectués pour compenser la diminution de la concentration de la solution amine.

L'excès d'anti-mousse SAG10 provoque également la formation de mousse dans la solution MEA.

Il existe d'autres paramètres qui peuvent provoquer de problème de moussage, mais ils ne peuvent être identifiés qu'à l'échelle industrielle, tels que les variations soudaines du débit de gaz naturel et du débit de la solution MEA.

Dans l'ensemble, l'objectif était d'analyser le problème existant dans la section de décarbonatation, d'identifier leur cause et de proposer des solutions appropriées. Une surveillance continue des paramètres d'exploitation est essentielle pour maintenir l'efficacité du processus de décarbonatation et éviter les problèmes potentiels.

### Bibliographie

- [1] Manuel opératoire du procédé de liquéfaction Complexe GL2 /Z. Mars 1979 p 2-174
- [2] Manuel opératoire de procédé « section traitement », volume I ,1981.
- [3] JUNIOR, R., A., Z. Traitement de GN étude d&#39 ; un problème de moussage dans la section de décarbonatation et calcul d&#39 ; un échangeur tube à calandre « GL2/Z ». Thèse de master en industries pétrochimique. Soutenue 2021-2022.
- [4]. Manuel d'information et de sensibilisation. Service prévention Complexe GL2/Z. Thèse Avril 2008
- [5] Manuel opératoire du complexe GL2Z, 1993
- [6] Document soft formation ingénieur, bloc 11 module 02, 1992.
- [7] The down chemical, «company, thealkanoamines» HAND-BOOK
- [8] Anderson, R. And M., Curt. Degradation Pathways for Monoethanolamine in a CO 2 Capture Facility Brian R. Strazisar. White National Energy Technology Laboratory, U.S. Department of Energy. Pittsburgh, Pennsylvania. November 19, 2002
- [9] Barkat, R. ; Benmesahel, K. Optimisation des paramètres diminuant le phénomène de moussage au niveau du complexe GL2/Z. Thèse master. Soutenue le 26/06/2019. Université de Mostaganem.
- [10] Mekki, Z . and Benharras , H . corrosion Evaluation in MEM section of process trains . These d'ingénieur , soutenue le Mars 1999. Algerian petroleum institut

## Les Annexes

### Annexes .1 : Les composants du gaz naturel et leur température d'ébullition

COMPOSANT	% molaire	Température D'ébullition (°C)
Hélium (He)	0,19	-269
Azote N2	5,8	-196
Méthane CH <sub>4</sub>	83	-162
Ethane C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	7,1	-90
Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2,25	-45
I-butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,6	-12
N-Butane C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,4	0
I-pentane C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,15	+28
N-Pentane C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,12	+36
1. Gaz carbonique CO <sub>2</sub>	0,21	-78
Vapeur d'eau H <sub>2</sub> O	50 ppm	-----
Mercure Hg	Trace	-----

### Annexes .2: Colonne d'absorption 131E

Longueur	28205mm
Diamètre intérieur	2896mm
Matériau	SA516-GR70
Nombre de plateaux	29
Pression de service	41.5 Bar
Pression nominale	49.5 Bar
Pression de test hydrostatique	78.9 Bar
Concentration de la solution MEA	15 à 20%
Temps de Séjour	3'
Débit MEA en Circulation	66m <sup>3</sup> /h
Température d'entrée de La MEA pauvre	38°C
Débit eau de lavage	17m <sup>3</sup> /h
Pourcentage d'engorgement	80%

**Annexes.3 : Rebouilleur 134 C**

<b>Calandre et enveloppe de la Calandre</b>	<b>Acier Carbone</b>
Fluide	Vapeur 4.5 Bars
Débit total d'entrée	9792 kg/h
Température d'entrée	147.8°C
Température de sortie	147.8°C
Chaleur échangée	4.938.100 Kcal/h
Tube et boîte de circulation	Inox, Chrome et le Nickel
Fluide	MEA pauvre
Débit total d'entrée	81642 Kg/h
Température d'entrée	119.8°C
Température de sortie	121.4°C

**Annexes.4: Régénérateur 132 E**

Longueur	21040mm
Diamètre	1372mm
Matériau	SA 205-C
Nombre de plateaux	25
Pression de la colonne (tête)	0.4 Bar
Pression de la colonne (fond)	1.4 Bar
Pression différentielle de la colonne	0.5 Bar
Pression nominale	2 Bar
Pression de test hydrostatique	11.1Bar
Température de tête de la colonne	107°C
Température du rebouilleur	122°C
Temps de séjour du liquide	3 minutes
Débit vapeur de re bouillage	9792 kg/h

**Annexes .5: Echangeurs 133 C1**

<b>Coté calandre</b>	<b>MEA pauvre à 20%</b>
Matériau	Acier carbone
Débit entrée	67624 kg/h
Température d'entrée	122°C
Température de sortie	59.8°C
Chaleur échangée	4331.560 Kcal/h
Cote tubes	MEA riche à 20%
Matériau	Acier Inox, Chrome, Nickel
Débit entrée	69 584 kg/h
Température d'entrée	39.8°C
Température sortie	101.7°C
Nombre de passes	1

**Annexes .6: Filtre à charbon 132 F**

Longueur	3886 mm
Diamètre	1067 m
Type de charbon	Activité (sans chlorure ni cuivre)
Granulométrie	8x30 mailles (granulés)
Volume du lit de charbon	2.40 m*3
Dimension du lit	0.91 m x 3.65 m
Débit de solution MEA pauvre	3.2 m*3/h
Perte de charge normale à travers le lit	0.34 Bar
Pression de fonctionnement maximum	46.2 Bars

**Annexes .7 : Vaporiseur 136 C**

<b>Fluide (Calandre)</b>	<b>MEA pauvre 20%</b>
Température d'entrée	118°C
Température de sortie	148°C
Débit total	1995 kg/h
<b>Fluide (tubes)</b>	Vapeur 12.75 Bars
Température d'entrée	194 °C
Température de sortie	Condensat
Débit total	2098 kg/h
Chaleur échangée	982800 Kcal/h

**Annexes .8 : Circuit purges et stockage de la MEA**

<b>Matériau</b>	<b>Acier au carbone</b>
Diamètre intérieur	1981 mm
Hauteur	2058 mm
Pression nominale	Atmosphérique
Température nominale	Ambiante
Capacité	6.35 m3
Chicane interne	Solide Sur toute la largeur du réservoir 305 mm de haut

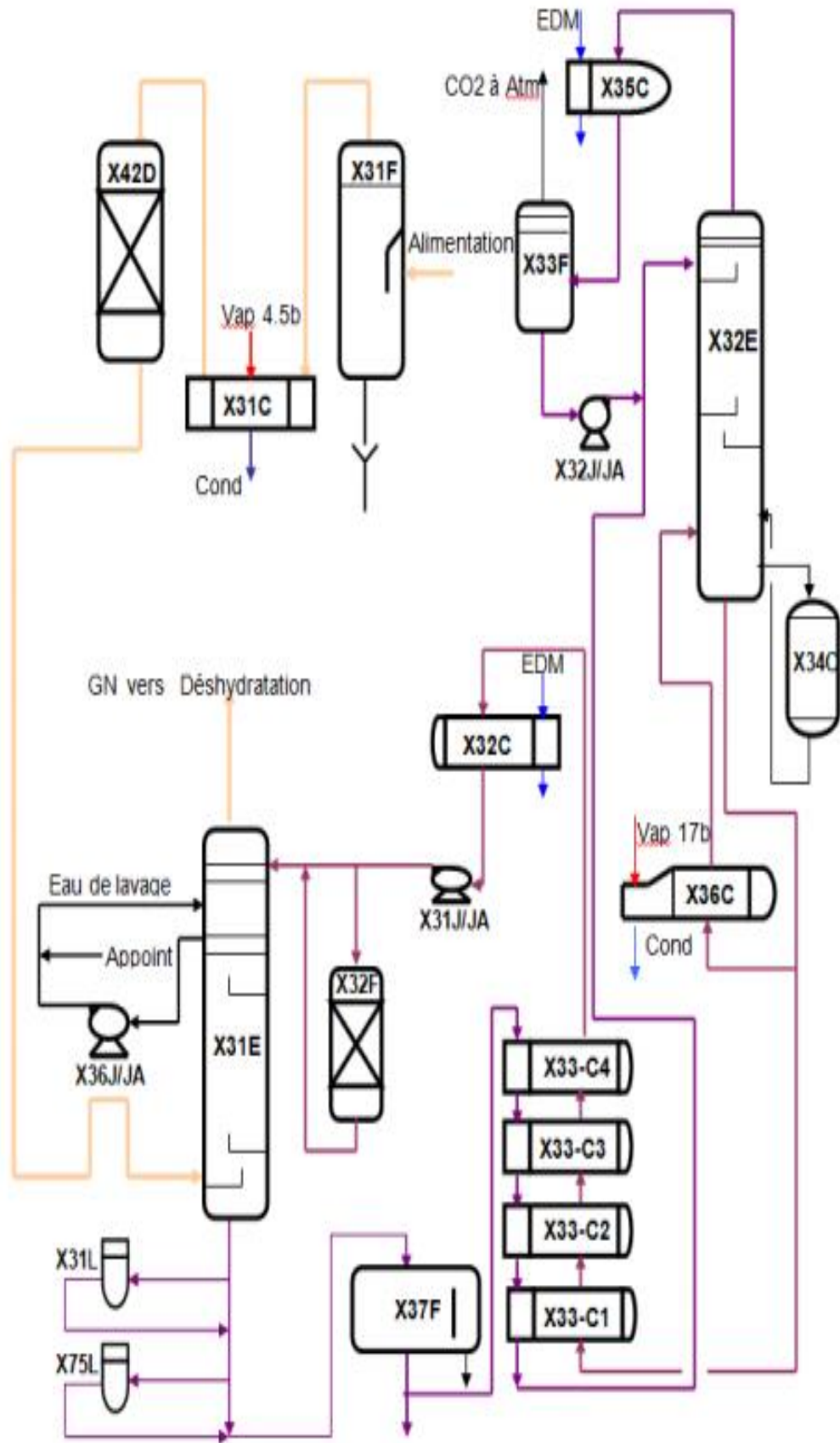
## Les Annexes

---

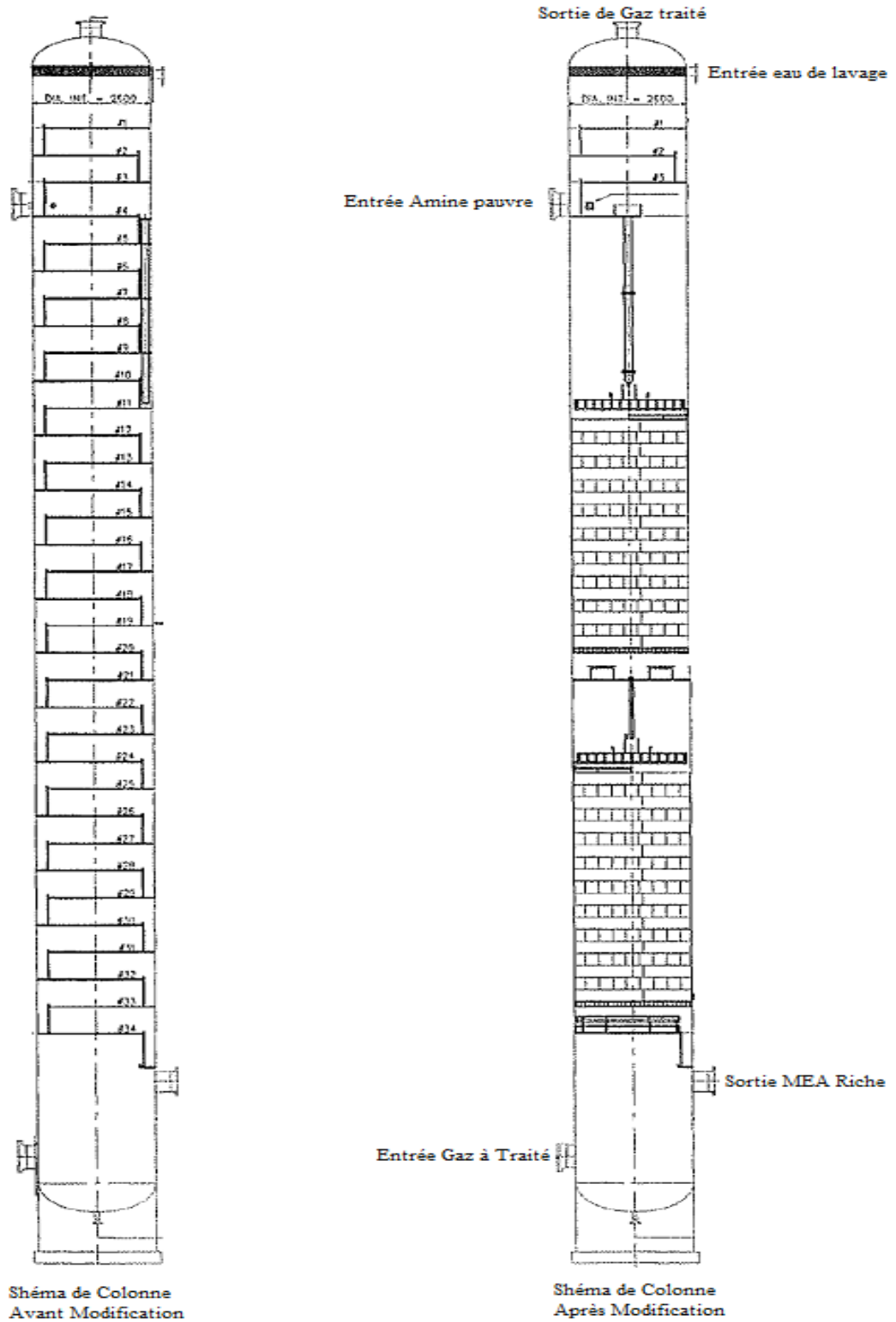
### Annexes .9 : Le suivi du taux de moussage avant l'arrêt du train 600

Date	Heure	MEA	CO2	Moussage
01-03-2023	00 :00	12,5	1,78	10
	12 :00	12	0,66	10
02-03-2023	00 :00	15,75	1,29	20
	12 :00	12,88	0,52	10
03-03-2023	00 :00	12	0,66	10
	12 :00	12,5	1,72	15
04-03-2023	00 :00	14,75	1,30	15
	12 :00	11,88	0,52	10
05-03-2023	00 :00	11,88	0,88	15
	12 :00	14,75	1,30	15
06-03-2023	00 :00	11,88	0,88	15
	12 :00	13,88	1,08	10
07-03-2023	00 :00	13,13	0,88	10
	12 :00	15,88	01,50	20
08-03-2023	00 :00	13,75	0,88	15
	12 :00	15,75	1,20	20
09-03-2023	00 :00	14,75	1,30	15
	12 :00	11,88	0,88	12
10-03-2023	00 :00	12,00	0,59	15
	12 :00	12,00	1,08	15
11-03-2023	00 :00	11,38	0,59	14
	12 :00	11,50	0,31	15
12-03-2023	00 :00	11,63	0,89	15
	12 :00	14,13	1,92	15

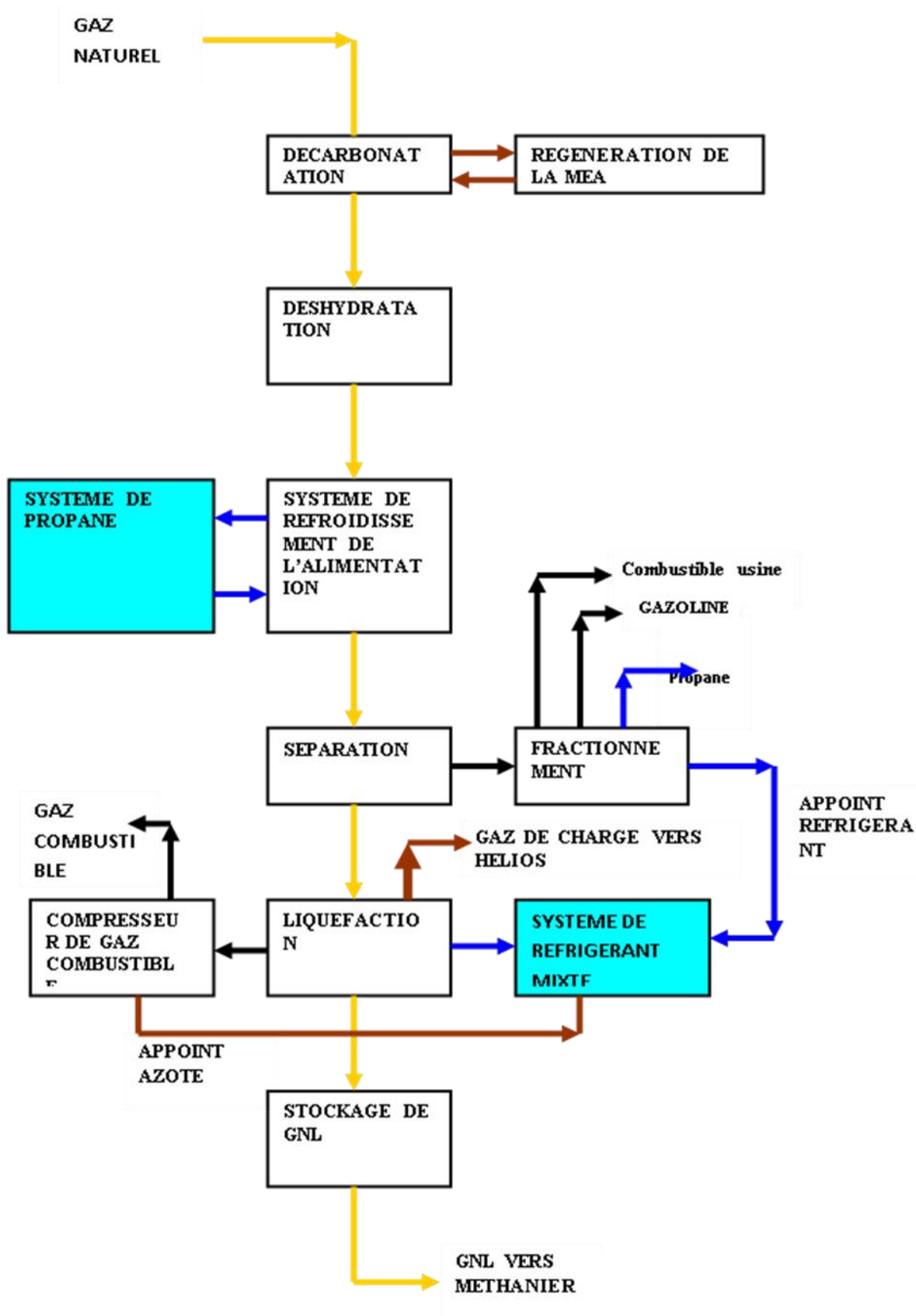




Annexes.10 : Absorption CO<sub>2</sub> et régénération MEA.



Annexes.11 : Modification Apportée à la colonne d'absorption.



Annexes12 : Diagramme la circulation du gaz naturel