

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE



Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master professionnel en Génie
Mécanique

Spécialité : Energétique

Option : Froid, Chauffage et Climatisation

Thème :

Contribution à la Réduction de L'empreinte Carbone sur le
Site de Traitement du Gaz de Gassi-Touil (SONATRACH)

Présenté par :

M. MOHAMMED SEGHIR Omar

Encadré par :

Pr. MOHAMMEDI Kamal

M. ZOUAOUI Salah

Promotion 2014/2015

Remerciements

Mener à bien un projet de mémoire est un exercice difficile, exige un fort investissement, mais apportant nécessairement en retour, un sentiment de satisfaction du à l'accomplissement réussi d'un travail.

De ce fait, remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leurs disponibilité, leur amitié et leurs compétences ont su créer un cadre de recherche nous ayant permis de finaliser notre travail.

Je tiens à exprimer mes sincères reconnaissances au Professeur MOHAMMEDI K., d'avoir accepté d'orienter et de dirigé avec beaucoup de compétences et de sympathie ce travail, ne ménageant ni son temps, ni ces conseils judicieux.

Mes plus profonds remerciements, respect et reconnaissance vont à notre Co-promoteur Monsieur ZOUAOUI S., pour son suivi, pour ces conseils, sa disponibilité, son travail constructif, sa générosité dans son partage de savoir et d'expérience.

Je tiens aussi à remercier très sincèrement Monsieur ABD EL MADJID, ingénieur et chef d'équipe au niveau d'unité de SONATRACH pour sa lucidité, sa gentillesse et sa disponibilité, et son soutien qu'il m'a apporté.

Je remercie ensuite Mr Ait AIDER, professeur au département Génie Mécanique de l'université Mouloud Mammeri d'avoir accepté de présider le jury.

Je tiens a remercier aussi Mr DJEBOURI, Maitre assistant au département Génie Mécanique de mouloud Mammeri et Mr ABDODOU, Maitre assistant au département Génie Mécanique de l'université Mouloud Mammeri, membre de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents

Mon petit frère Mustapha

Mes frères et sœurs

Tous mes cousins et oncles

Tous mes amis(es).

MOHAMMED SEGHIR O.

Table des matières

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Nomenclature

Liste des Acronymes

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralité sur le CO₂ et l'effet de serre

I-1- Le dioxyde de carbone CO₂ 3

I-1-1- Définition 3

I-1-2- Propriété physiques 3

I-1-3- Utilisations 4

I-2- Effet de serre 4

I-2-1- Définition 4

I-2-2- Mécanisme de l'effet de serre 5

I-2-3- Impacte de l'effet de serre sur l'environnement..... 6

I-2-3-1- Impacts écologiques 6

I-2-3-2-Impacts économiques 7

Chapitre II : Présentation du site de traitement du Gaz

II-1- Présentation du site objet d'étude 8

II-1-1- Introduction..... 8

II-1-2-Historique et activités de SONATRACH 8

II-1-3-Généralité sur l'énergie et le gaz dans le monde et en Algérie..... 9

II-1-3-1- L'énergie 9

II-1-3-2- Le gaz naturel dans le monde..... 9

II-1-3-3- Opportunités gazières algériennes 10

II-1-3-4- Production du gaz naturel en Algérie..... 11

II-1-3-5- Situation géographique de la région GassiTouil 11

II-2- les produits finis..... 13

II-2-A- Le gaz sec..... 13

A-1- Définition du gaz sec 13

A-2- Utilisation du gaz sec 13

II-2-B- Le gaz de pétrole liquéfié (GPL)..... 14

B-1- Définition du GPL 14

B-2- Risques de GPL 15

B-3- Le GPL en Algérie..... 15

B-4- Utilisation du GPL	15
II-2-C- Le condensât.....	17
C-1- Définition du condensât.....	17
C-2- Caractéristiques du condensât	17
C-3- Utilisation du condensât	17

Chapitre III : Identification des sources d'émission et évaluation de la Quantité de CO₂ rejetée

III-1- Identification des sources d'émission et évaluation de la quantité de carbone rejetée...	19
III-1-1- Introduction	19
III-1-2- Définition du calculateur CO ₂	19
III-1-3- Identification des sources d'émission de CO ₂	20
III-1-3-A- consommation électrique	20
III-1-3-B- Combustion du fuel.....	24
III-1-3-C- Gaz torché	26
III-1-4- Conclusion	27
III -2- Analyse des performances énergétiques de l'unité G05 (unité Boosting) sous HYSYS	28
III-2-1- Problématique	28
III -2-2- Unité Boosting (G05)	28
III -2-2-A- Définition des différents équipements de l'unité Boosting	28
III -3- Analyse des performances sous HYSYS	31
III -3-1- Généralités sur la simulation	31
III -3-2- Le choix du modèle thermodynamique	32
III -3-2-1- Equations d'états usuels (Equation de SOAVE et de PENG-ROBINSON)	33
III -3-3- Concepts de base du simulateur HYSYS	34
III -3-4- Environnement de développement dans HYSYS	35
III -4- Organigramme de la simulation de l'unité Boosting (G05) sous HYSYS	36
III -4-1- Composition du Gaz Brut	36
III -4-2- Comparaison entre les valeurs de désigne et celle de la simulation sous HYSYS.	37
III -4-3- Analyse des performances énergétiques.....	41
III -4-4- Conclusion	44

Chapitre IV : Amélioration des performances environnementales du Site de traitement du gaz

IV -1- Introduction	46
IV-1-1- Définition du torchage	46
IV-1-2- Le fonctionnement des torche	47
IV-1-3-A- La zone de torchage	48
IV-2- Unité d'expédition des gaz sec (G50)	49
IV-2-A- Composition du Gaz sec	50
A-1- Entrée de l'unité G50	52
A-2- La vanne« PV 2008 » qui donne vers la torche « Common Flare »	52
A-3- Sortie de l'unité G50	53
IV-2-B- Comparaison des différents débits massique	53
IV-3- Gains environnementaux	54
IV-3-1- Aperçu sur la vanne « PV 2008 »	54
IV-3-2- Quantité de CO ₂ rejeté avant la réparation de la vanne	55
IV-3-3- Quantité de CO ₂ rejeté après la réparation de la vanne	56
IV-4- Gains économiques	57

Chapitre V : Analyse de risques sous ALOHA.

V-1- Présentation générale du code «ALOHA»	59
V-1-1- Introduction	59
V-1-2- Caractéristiques clés du programme	59
V-1-3- Domaine de fonctionnement d'ALOHA et ses principales limitations	60
V-1-4- Utilisations d'ALOHA	60
V-1-5- Mise en place du scénario sous ALOHA	61
V-1-5-1- Lieu de l'accident : « location »	61
V-1-5-2- Infrastructure : « building »	61
V-1-5-3- Choix du produit chimique : « chemical »	61
V-1-5-4- Description des conditions météorologiques « atmospheric option »	61
V-1-5-5- Description de la source : « source »	62
V-1-5-6- Calculs	63

V-2- simulation d'un accident sous ALOHA.....	64
V-2-1- Introduction.....	64
V-2-2- Description de l'incident.....	65
V-2-3-Modélisation par ALOHA	66
V-2-3-1-Les entrées	66
V-2-3-2-Description de la source : « source »	67
V-2-3-A- Résultat et discussion.....	67
A-1- Modélisations de la concentration du polluant et des flammes.....	67
A-2- Modélisations de la surpression et des radiations thermiques.....	68
Conclusion générale	70
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1 : Propriétés physico-chimiques du CO ₂	3
Tableau I-2: Gaz à effet de serre naturel et anthropogénique	5
Tableau III-1 : Consommation électrique mensuelle du CPF et quantité de CO ₂ rejeté.....	21
Tableau III-2 : Consommation électrique de la base de vie et quantité de CO ₂ rejeté.....	23
Tableau III-3 : Consommation mensuelle du fuel et quantité de CO ₂	25
Tableau III-4: Débit mensuelle torche et quantité de CO ₂ rejeté.....	26
Tableau III-5: Modèle thermodynamique recommandé à chaque procédé utilisé	33
Tableau III-6 : Domaines d'applications de l'équation de PENG ROBINSON	34
Tableau III-7: La composition typique des puits de Hassi Touareg et Gassi Touil	37
Tableau III-8: Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (Compresseur 1 ^{er} étage).....	39
Tableau III-9 : Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (aerorefrigerant 1 ^{er} étage)	39
Tableau III-10: Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (compresseur 2 ^{eme} étage)	39
Tableau III-11: Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (aerorefrigerant 2 ^{eme} étage).....	40
Tableau III-12 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelle (Compresseur 1 ^{er} étage).....	42
Tableau III-13 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (aerorefrigerant 1 ^{er} étage)	42
Tableau III-14 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles Compresseur 2 ^{eme} étage).....	42
Tableau III-15 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (aerorefrigerant 2 ^{eme} étage).....	43
Tableau IV-1: Ecart des caractéristiques a l'entrée de l'unité G50 entre les valeurs de design simulé et les valeurs actuelles	52
Tableau IV-2 : Ecart des caractéristiques de la vanne (PV 2008) entre les valeurs de design simulé et les valeurs actuelles	52
Tableau IV-3 : Ecart des caractéristiques a la sortie de l'unité G50 entre les valeurs de design simulé et les valeurs actuelles	53
Tableau IV-4: Ecart de débit entre les valeurs de design et les valeurs actuelles	53
Tableau IV-5 : La quantité de débit de gaz torche et de CO ₂ rejeté	55

Tableau IV-6 : La quantité de débit de gaz torche et de CO2 rejeté	56
Tableau V-1 : Paramètres du scenario.....	67

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 : Représentation 3D du dioxyde de carbone	3
Figure I-2 : Effet de serre	4
Figure I-3 : Contribution relative des gaz à effet de serre à l'effet de serre dans le monde (2004)	6
Figure II-1 : Répartition des réserves gazières en Algérie	11
Figure II.2 : Localisation de la région de Gassi-Touil	12
FigureII-3 : Principales transformation de propane	16
Figure III-1: Interface du calculateur « Sunearthtools »	19
Figure III-2: Poste blindé qui couvre la consommation électrique de la région deGassi-Touil	20
Figure III-3 : Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté sur le CPF.....	21
Figure III-4 : Quantité de CO ₂ mensuelle rejeté en fonction de la consommation électrique du CPF.....	22
Figure III-5 : Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté dans la base de vie	23
Figure III-6 : Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté en fonction de la consommation électrique sur la base de vie	24
Figure III-7 : Quantité mensuelle de CO ₂	25
Figure III-8 : Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté en fonction du débit de fuel consomme	25
Figure III-9 : Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté	26
Figure III-10:Quantité mensuelle de CO ₂ rejeté en fonction du débit de gaz torche	27
Figure III-11 : Vanne de régulation.....	31
Figure III-12: Interface HYSYS.....	35
Figure III-13 : Vu générale de PFD du premier train de l'unité Boosting (G05) sous HYSYS	36
Figure III-14: Comparaison de la puissance des équipements pour le cas design et simulation	40
Figure III-15 : Comparaison de l'énergie des équipements pour le cas design et simulation.	41
Figure III-16: Puissance des équipements de l'unité Boosting pour le cas actuel et design Interprétation des résultats	42
Figure III-17 : Consommation et rejet d'énergie des différents équipements de l'unité Boosting pour le cas actuel et design	44
Figure IV-1: Système torche	47

Figure IV-2: Vue générale de PFD de l'unité G50 sous HYSYS.....	51
Figure IV-3: Le débit massique entre les valeurs design et les valeurs actuelles	54
Figure IV-4 : Les parties de la vanne « PV 2008 » endommagées	55
Figure VI-5 : La quantité de CO ₂ rejeté dans les différentes torches.....	56
Figure IV-6 : La quantité de CO ₂ émise en fonction du débit torche	56
Figure IV-7 : La quantité de CO ₂ rejeté dans les différentes torches	56
Figure IV-8 : La quantité de CO ₂ émise en fonction du débit torche	57
Figure V-1 : Fenêtre d'application « atmosphéric options »	62
Figure V-2 : Fenêtres d'application « atmospheric option2 »	62
Figure V-3 : Fenêtre d'application « Tank size and Orientation »	63
Figure V-4 : Présentation des résultats.....	64
Figure V-5 : Plateforme du forage gazier Nezla 159 de GassiTouil en flamme.....	65
Figure V-6: Vue du puits NEZLA 19 GassiTouilen flamme	66
Figure V-7 : Les zones de concentration des polluants.....	67
Figure V-8 : Les zones menaces par les flammes	68
Figure V-9 : Les zones menacées par la surpression	68
Figure V-10 : Les zones menacées par les radiations thermiques.....	69

Nomenclatures

Symboles	Significations	Unités
b	Le covolume.	m^3/mol
$C_{p,c.f}$	Chaleur spécifique massique du fluide.	Kj/kg.k
h	L'enthalpie massique.	Kj/kg
m	Constante du paramètre.	/
$\dot{m}$	Le débit massique.	kg/h
P	La pression.	N/m^2
P_c	La pression au point critique.	N/m^2
R	La Constante des gaz parfaits.	J/k.mol
R_e	La résistance électrique.	Ω
S	La section en mètres carrés.	m^2
T	La température.	K
T_C	La température au point critique.	K
T_R	La température réel.	/
V	Le volume.	m^3
α	Constante de Paramètre d'attraction.	$\text{J.m}^3/\text{mol}^2$
α_c	Constante d'attraction à la température critique.	$\text{J.m}^3/\text{mol}^2$
d_l	La densité.	/
ι	La longueur en mètres.	m
ω	Le facteur acentrique.	/
ρ	La masse volumique.	kg/m^3
ρ_e	La résistivité en ohm-mètre.	$\Omega.m$

Liste des Acronymes

Abréviations	Significations
ALOHA	Areal Locations Of Hazardous Atmosphères.
BDV	Vanne de décompression.
BTU	Unites Thermiques Britaniques (British Thermal Units).
CPF	Central Production Facilities.
E.P.A	Agence de protection de l'environnement.
GES	Gaz à effet de serre.
GGFR	Partenariat mondial pour la réduction des gaz torchés.
GHG	Greenhouse Gas.
GNL	Gaz du Pétrole Liquéfié.
GPL	Gaz Naturel Liquéfié.
HP	Heat Pression (Haute pression).
JGC	Japan Gasoline Company.
LP	Low Pression (Basse pression).
MM	Million.
N.O.A.A	Administration océanique et atmosphérique.
ONG	Organisation Non Gouvernementales.
PCV	Vanne de régulation de pression.
PIB	Produit Intérieure Brut.
PNB	Produit National Brut.
US\$	Dollar Américain.
PSEM	Poste électrique sous enveloppe métallique.
PSV	soupape de sécurité.
PV	vanne de contrôle pression.
PR	PENG-ROBINSON.
SONATRACH	l'entreprise nationale de transformation, canalisation et commercialisation des hydrocarbures (groupe SONATRACH).
S.p.a	Société par action.
TEP	Tonnes Equivalents Pétrole
USA	Etats-Unis.

Introduction générale



Introduction générale

L'ensemble du monde scientifique s'accorde à considérer que depuis l'époque industrielle, la pollution atmosphérique ne cesse de s'aggraver; les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosol perturbent significativement le bilan radiatif de l'atmosphère.

La concentration de dioxyde de carbone (CO₂), est passée de 280 ppm (parties par millions) en moyenne avant cette époque, à 385 ppm environ actuellement (385 molécule de CO₂ sur 1 millions de molécules d'air) et continue d'augmenter 1 à 3 ppm par an, un niveau jamais atteint au cours de 650 000 dernière année. Ce que ne laisse pour de nombreux experts, aucun doute, sur l'origine majoritairement humaine de cette augmentation.

En effet, d'après le quatrième rapport du Groupe Intergouvernemental d'Etude du Climat (GIEC)[1], les rejets mondiaux annuels anthropiques augmentent, en 2007 les émissions de CO₂ sont deux fois plus importantes qu'en 1971, Entre 1990 avec 20,9 Gt/an de CO₂ émis et en 2005 (20,4) soit +1.7% par an durant cette période. Le total des émissions de CO₂ dans l'atmosphère est 35 Gt. La planète ne semble pouvoir en absorber qu'environ 11 Gt de CO₂, essentiellement dans les océans. On retrouve un supplément dans l'atmosphère de 24 Gt. Cet excédent d'émission de CO₂ provenant, de l'agriculture, de l'élevage et de la déforestation, mais aussi, en majorité, d'énergie fossiles. Les combustibles, pétrole, gaz et charbon, représentent près de 90% des énergies primaires commercialisées aujourd'hui sont la principale source de gaz à effet de serre (GES).

L'excédent de ces GES d'origine anthropogénique ne représente qu'environ 2% des échanges entre l'atmosphère, les océans et la végétation. Cependant, ces gaz s'accumulent dans l'atmosphère, ou ils peuvent rester des décennies voire, pour plusieurs siècles, ce phénomène, contribue à accroître l'effet de serre et pourrait potentiellement provoquer une déstabilisation du climat sur le long terme. Parallèlement, on constate une augmentation de la température d'une moyenne globale de 0.6 °C depuis 1860.

L'augmentation de la température, fonte des glaciers, multiplication des sécheresses et des inondations sont autant de signes que le changement climatique est engagé. Les risques sont énormes pour la planète et les générations futures, et nous obligent à agir d'urgence. Effectivement après des années de tergiversations sur l'évidence d'un réchauffement climatique aux conséquences incalculables sur notre planète, on constate qu'il y a aujourd'hui une réelle prise de conscience du péril, avec à la clé le lancement d'un important train de mesures de sauvegarde de l'environnement. Parmi les premières mesures, l'instauration d'une politique climatique et ceci par la signature de plusieurs conventions qui ont abouti à des recommandations comme celle de la taxe carbone, allant dans le sens du principe pollueur-payeur extension du marché des quotas des pays de nord du carbone à d'autres pays de sud, et également à d'autres industries.

La convergence des données scientifiques autour du réchauffement climatique rend urgent le déploiement dans le monde entier des technologies de réduction des émissions de gaz à

effet de serre, des programmes de recherche sur des nouveaux équipements et procédés industriels moins émissifs, des options de promotion des énergies renouvelables (éolien, solaire, biomasse) et des opérations de mise en valeur de nouvelle technologie.

Afin de contribuer à la réduction de l'émission des gaz à effets de serre nous avons choisi d'étudier et de participer la Réduction de L'empreinte Carbone, sur le site de traitement du gaz de Gassi-Touil (SONATRACH) » L'objectif de ce travail étant d'évaluer l'empreinte totale de carbone rejeté sur le site de traitement de gaz, d'analyser les performances énergétiques de l'unité Boosting sous **HYSYS**, de proposer une solution pour l'amélioration des performances environnementales de ce site et d'évaluer les risques du forage pétrolier sur la santé humaine et l'environnement avec une simulation sous le logiciel **ALOHA**.

Dans l'objectif d'accomplir au mieux cette étude, le présent mémoire est structuré en cinq chapitres, en plus de l'introduction générale et de la conclusion générale.

Dans le premier chapitre nous avons présenté des généralités sur le dioxyde de carbone, ces propriétés physiques ainsi qu'une étude sur l'effet de serre et son impact sur l'environnement.

Le deuxième chapitre a été consacré à la présentation du centre de traitement du Gaz de Gassi-Touil, qui a fait l'objet de notre étude, ainsi qu'à la présentation de généralités sur l'énergie et le Gaz dans le monde en général et en Algérie en particulier.

Dans le troisième chapitre, on s'est intéressé à l'évaluation de la quantité de CO₂ rejeté et l'identification des principales sources émettrices de Gaz à effet de serre sur le site de traitement du Gaz de Gassi-Touil en utilisant un **calculateur CO₂**. Une simulation sous le logiciel **HYSYS**, dans le but d'évaluer les performances énergétiques de l'unité Boosting (G05) a été réalisée.

Dans le souci de l'amélioration des performances environnementales du centre de traitement du Gaz, nous avons proposé, dans le quatrième chapitre, une solution pour la réduction des Gaz torches, avec les gains environnementaux et économiques que peut apporter.

Enfin dans le cinquième chapitre, nous avons simulé et analysé sous le logiciel **ALOHA** les effets d'un accident majeur. Cet accident peut se produire au cours d'opération de forage pétrolier. Les données d'un accident qui s'est réellement passé en 2006 à Gassi-Touil sont utilisées. Cette simulation nous permet d'estimer la distance de sécurité pour établir les mesures (Préventives/Protectives) nécessaires, qui assurent la sécurité pour les opérateurs, l'équipement et bien sûr l'environnement.

CHAPITRE I

Généralité sur le CO₂ et l'effet de serre

I-1-Le dioxyde de carbone(CO₂) :

I-1-1-Définition :

Le dioxyde de carbone a été identifié pour la première fois par le physicien et chimiste écossais Joseph Black, dans les années 1750. Le dioxyde de carbone (dont la formule chimique est CO₂) est une molécule composée d'un atome de carbone et de deux atomes d'oxygène. Cette molécule linéaire qui se trouve à température ambiante (environ 20°) est un gaz incolore et inodore, qui est faiblement acide et inflammable. Le CO₂ fait partie des gaz à effet de serre (GES), qui contribuent au réchauffement climatique suite à certaines activités humaines [6] [10] [11].

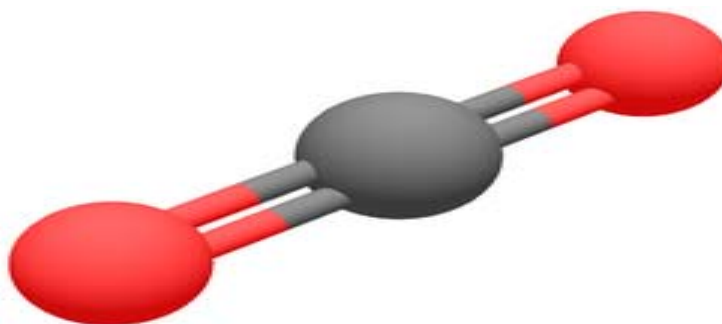


Figure I-1: Représentation 3D du dioxyde de carbone

I-1-2-Propriété physiques :

Le tableau I-1 représente les propriétés physico-chimiques du CO₂

Masse molaire	44,0098 kg/kmol	Tension de vapeur à 20°C	57,258 bar
Point critique		Masse volumique 0°C et 1,013 b	1,9767 kg/m ³
Température	304,21 K	Densité par rapport à l'air	1,5289
Pression	73,825 bar	Masse volumique 15°C et 1 bar	1,8474 kg/m ³
masse volumique	0,466 kg/l	Facteur de conversion	
Température	216,58 K	Etat gazeux à 25°C et 1 bar	
Pression	5,185 bar	chaleur spécifique à P constante	0,8504 kJ/kg K
Point d'ébullition		conductivité thermique	164*10 ⁻⁴ W/m K
Température	194,674 K	viscosité dynamique	14,833*10 ⁻⁶ Ns/m ²
masse volumique du liquide	1256,74 kg/m ³		
chaleur latente d'évaporation	573,02 kJ/kg		

Tableau I-1 : Propriétés physico-chimiques du CO₂

I-1-3- Utilisations :

a) **Forme gazeuse** : Sous forme gazeuse, il est utilisé pour :

- Carbonater des boissons (soda ou eau).
- Créer une couche isolante (flux) dans l'industrie alimentaire ou pour la soudure.
- Stimuler la croissance des plantes.

b) **Forme liquide** : Sous forme liquide, il est utilisé comme :

- Réfrigérant pour congeler certains aliments,
- Réfrigérant dans l'industrie électronique,
- Agent d'extinction dans les extincteurs dits « au dioxyde de carbone », on parle parfois de neige carbonique parce que le CO₂ liquide se solidifie immédiatement à la sortie de l'extincteur en produisant une poudre blanche,
- Agent propulseur (et parfois également carbonatant) pour les boissons servies à la pression.

c) **Forme solide** : Le dioxyde de carbone sous forme solide ou glace carbonique appelée aussi Carboglace ou glace sèche, est issue du CO₂ liquide sous forme de neige carbonique qui est ensuite compactée pour devenir glace carbonique. Cette glace carbonique se sublime en ne laissant aucun résidu et produit très rapidement une grande quantité de froid à (-78,5 °C), l'homme lui a donc rapidement trouvé de multiples utilisations.

I-2-Effet de serre

I-2-1- Définition : L'effet de serre est un phénomène d'échauffement de la surface de la Terre et des couches basses de l'atmosphère, dû au fait que certains gaz de l'atmosphère absorbent et renvoient une partie du rayonnement infrarouge émis par la Terre, ce dernier compensant le rayonnement solaire qu'elle absorbe elle-même [6][17][18].



Figure I-2: Effet de serre

Les Gaz à Effet de Serre (GES) sont des gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations au sein de l'atmosphère terrestre, phénomène appelé effet de serre.

Les principaux gaz à effet de serre sont :

- la vapeur d'eau (H₂O),
- le dioxyde de carbone (CO₂),
- le méthane (CH₄),
- le protoxyde d'azote (N₂O),
- l'ozone (O₃).

I-2-2- Mécanisme de l'effet de serre

Le soleil rayonne de l'énergie solaire sur la terre. La majeure partie de cette énergie (45%) est renvoyée dans l'espace. Les gaz à effet de serre de l'atmosphère (Tableau.I.2) contribuent au réchauffement global par adsorption et réflexion de l'énergie atmosphérique et solaire. Ce phénomène naturel est appelé effet de serre. On sait que l'effet de serre est corrélé avec le changement de température. Si les gaz à effet de serre n'existaient pas, les températures sur terre seraient inférieure a -18 °C.

Gaz à effet de serre naturel	Emissions anthropogénique
H ₂ O (vapeur d'eau)	CO ₂ (dioxyde de carbone)
CH ₄ (méthane)	CH ₄ (méthane)
CO ₂ (dioxyde de carbone)	N ₂ O (oxyde nitreux)
O ₃ (ozone)	
N ₂ O (oxyde nitreux)	

Tableau I-2: Gaz à effet de serre naturel et anthropogénique

Après la révolution industrielle du 18 ème siècle, l'effet de serre augmenta à cause des émissions de gaz à effet de serre de nature anthropogénique (Tableau.I.2). La principale source d'émission de gaz à effet de serre anthropogénique est la combustion des combustibles fossiles. La contribution des gaz à effet de serre sur l'effet de serre varie (Figure. I.3)

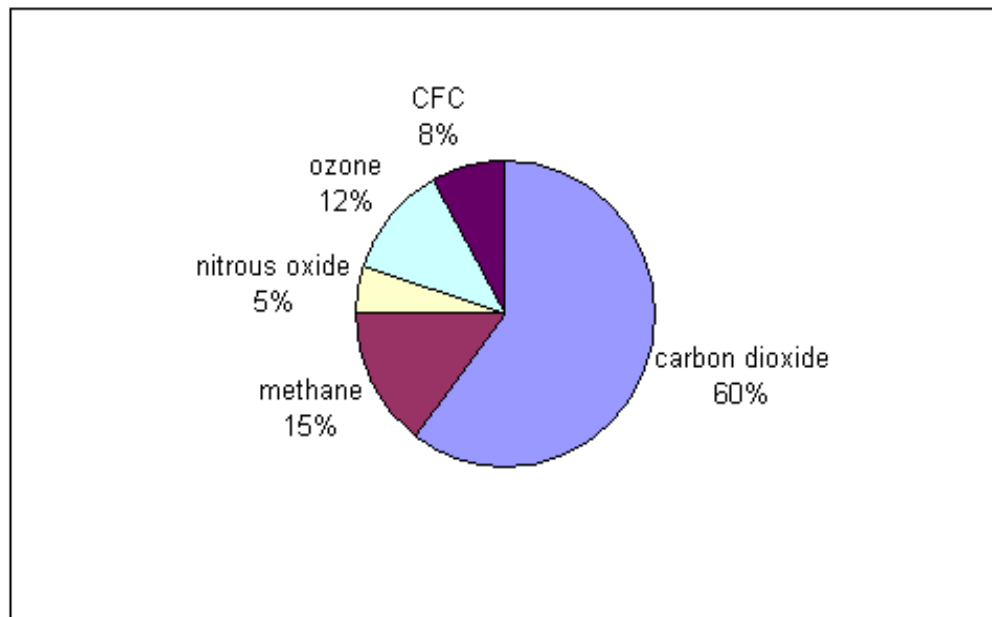


Figure I-3: Contribution relative des gaz à effet de serre à l'effet de serre dans le monde (2004).

I-2-3- Impacts de l'effet de serre sur l'environnement

I-2-3-1- Impacts écologiques :

Les organisations non-gouvernementales (ONG) essayent de prévoir et de projeter la sévérité et les conséquences d'un changement climatique global causé par l'effet de serre. Elles pensent que les émissions annuelles de gaz à effet de serre doubleront dans les prochaines 50 à 100 années. Ceci a comme conséquence une cascade d'effets environnementaux.

- La fonte des glaces et l'expansion océanique. Ceci aura pour conséquence une inondation des zones côtières, des marais, des marécages, et des deltas de fleuve. Certaines petites îles peuvent même disparaître complètement suite aux inondations.
- Altération froid et chaud du Gulf Stream causé par le dessalement de l'Océan Atlantique, Pouvant causer une nouvelle période glaciaire.
- Augmentation du nombre et de la sévérité des tempêtes tropicales et des cyclones.
- Inondation et érosion des parcelles agricoles. Ceci endommagera les sols et diminuera les récoltes.
- Décalage dans les écosystèmes et diminution de la biodiversité.
- Evaporation des approvisionnements d'eau, causant une raréfaction de l'eau potable.
- Infiltration de l'eau salée dans les zones souterraines.
- Plus de température extrême, entraînant des étés plus chauds et secs et des hivers plus froids.
- Les maladies plus contagieuses parce que l'environnement est plus favorables aux microbes pathogènes et aux insectes dangereux, tels que le moustique de malaria.

I-2-3-2-Impacts économiques

Selon un rapport intitulé "Le changement climatique a déjà un impact majeur sur l'économie mondiale et les sociétés humaines" publié le 26 septembre 2012, le changement climatique ralentit actuellement de 1,6 % la production économique mondiale et ce chiffre devrait doubler d'ici 2030. Cette étude très sérieuse a été réalisée par le DARA and Climate Vulnerable Forum, une organisation qui regroupe vingt pays depuis 2009. Ce rapport parle "d'un péril sans précédent pour l'humanité et le développement économique mondial" et évoque "les pertes économiques majeures liées au changement climatique"[2].

L'étude souligne qu'une mobilisation mondiale pour lutter contre les causes du changement climatique aurait des conséquences très positives sur le plan économique et social, tant pour les pays développés que pour les nations émergentes. Elle rappelle en outre que l'ensemble de nos émissions de gaz à effet de serre provoquent directement et indirectement, la mort de cinq millions de personnes dans le monde. Selon cette étude, "L'insuffisance manifeste des actions contre le changement climatique coûte déjà 1,6 % du produit mondial brut, c'est-à-dire de l'ensemble des richesses produites par l'humanité, soit près de 900 milliards d'euros par an".

Ce coût de l'inaction devrait doubler pour atteindre 3,2 % du produit mondial brut en 2030. Les pays les plus pauvres seront les plus touchés par cet impact négatif du climat sur l'économie, mais la note à payer sera également considérable pour les pays développés. "D'ici 2030, la Chine risque de subir des pertes économiques abyssales, de l'ordre de 1200 milliards de dollars", selon ce rapport qui évalue par ailleurs la perte économique pour l'Inde à 5 % de son PIB en 2030 et celle des USA à 2 % de son PIB à la même échéance, soit environ 600 milliards de dollars par an.

Conclusion :

Les phénomènes de pollution atmosphérique se manifestent à différentes échelles des écosystèmes humaines et naturels. Leurs conséquences sanitaires et environnementales, sont de plus en plus révélées et découverts en fonction des progrès techniques et scientifiques connues depuis plus de 50 ans (la révolution industrielle).

L'atmosphère joue un rôle majeur vis-à-vis de la régulation des climats et le maintien des conditions de la vie sur terre, d'où la nécessité de la réduction de nos émissions du CO₂, qui est un gaz à effet de serre qui contribue fortement au réchauffement climatique.

CHAPITRE II

Présentation du site de traitement du Gaz

II-1-Présentation du site objet d'étude :

II-1-1- Introduction

Sonatrach « Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation des Hydrocarbures s.p.a » est une entreprise publique algérienne créée le 31 décembre 1963, un acteur majeur de l'industrie pétrolière surnommé la *major africaine*. Sonatrach est classée la première entreprise d'Afrique.

II-1-2-Historique et activités de SONATRACH

Créée le 31 décembre 1963, Sonatrach doit répondre au souci de mobiliser les ressources de la rente pétrolière perçue très tôt comme un élément moteur dans le développement de l'Algérie. Au fil des années, elle devient un puissant élément d'intégration nationale, de stabilité et de développement économique et social.

Durant la première partie de l'année 2010, la compagnie est entachée par une affaire de corruption impliquant de hauts dirigeants. Le scandale provoque le renvoi du ministre de l'Énergie Chakib Khelil, dont la proposition de créer une OPEP pour le gaz avait également alarmé la communauté internationale.

En 2014, Sonatrach est la première entreprise à se lancer dans la production de gaz de schiste sur le sol algérien, suite à l'accord donné par le gouvernement le 21 mai 2014 concernant l'exploitation des hydrocarbures non conventionnels.

Le groupe pétrolier et gazier Sonatrach intervient dans l'exploration et la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Sonatrach se développe également dans les activités de pétrochimie, de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer et d'exploitation minière.

Basée en Algérie, Sonatrach est active dans plusieurs régions du monde, notamment en Afrique (Mali, Tunisie, Niger, Libye, Égypte, Mauritanie), en Europe (Espagne, Italie, Portugal, Grande-Bretagne, France), en Amérique latine (Pérou) et aux États-Unis.

L'entreprise emploie 41 204 salariés (120 000 avec ses filiales), génère 30 % du PNB de l'Algérie. Sonatrach est une compagnie nationale algérienne d'envergure internationale, et la clé de voûte de l'économie algérienne.

En 2005, sa production est de 232,3 millions de TEP, dont 11,7 % (24 millions de TEP) pour le marché intérieur.

En 2009, son chiffre d'affaires s'élevait à 77 milliards US\$. Elle devance la filiale sud-africaine de l'assureur Old Mutual, classée deuxième. Sonatrach est le 12^e groupe pétrolier au niveau mondial, le premier en Afrique et dans le Bassin méditerranéen, le 4^e exportateur de GNL, le 3^e exportateur de GPL et le 5^e exportateur de gaz naturel.

Dans le domaine du transport maritime, via sa filiale « *Hyproc Shipping* », Sonatrach participe à hauteur de 31 % des parts de marché dans l'exportation du GNL algérien et à hauteur de 24 % pour le GPL avec sa propre flotte.

Sonatrach investit depuis quelques années dans une flotte moderne de plusieurs navires (également pour l'affrètement d'autres compagnies de transport maritime) :

- « *Mesdar* » le premier VLCC (pétrolier géant, fabriqué en Chine sur le chantier naval de Nantong en dix mois, capacité de 2 millions de tonnes de pétrole brut, 300 m de long, 64.5 m de haut et 60 m de large) de la Sonatrach, commandé en 2005 et livré en 2008, pour un coût de 120 millions de US\$, acheté en association avec le japonais Kawasaki.
- « *Reggane* » et « *Djanet* », ses deux sister-ship, sont affrétés par EXMAR Shipping compagnie.
- « *Alrar* » est le premier GPLier (navire transporteur de GPL) dernière génération de la Sonatrach.

En tout, Sonatrach exploite 6 GPLiers d'une capacité totale qui approche les 400 000 m³. Un de leurs sister-ships, le « *Hassi Messaoud II* » a été réceptionné en mars 2005.

II-1-3-Généralité sur l'énergie et le gaz dans le monde et en Algérie :

II-1-3-1- L'énergie :

Dans la course permanente vers la maîtrise de la nature, l'homme dispose d'un allié fidèle : L'énergie. La maîtrise de l'énergie est une activité d'utilité publique qui permet d'assurer et d'encourager le progrès technologique, l'amélioration de l'efficacité économique et de contribuer au développement notamment :

- La préservation et l'accroissement des ressources énergétiques non renouvelables.
- La promotion de la recherche, du développement, de l'innovation technique et la diffusion des technologies efficaces.
- L'amélioration du cadre de vie, et la protection de l'environnement.
- La réduction des investissements dans les secteurs de l'énergie.

A cet effet, l'utilisation rationnelle de l'énergie couvre l'action d'optimisation des consommations d'énergie aux différents niveaux de la production d'énergie et de la consommation finale dans les secteurs de l'industrie, transports et du domestique.

II-1-3-2- Le gaz naturel dans le monde :

Le gaz naturel est une énergie fossile comme la houille, le charbon ou la lignite. C'est un mélange dont le constituant principal, de 75 % à 95 %, est le méthane (CH₄). Il est donc composé majoritairement d'hydrogène et de carbone, d'où son nom d'hydrocarbure.

Pendant longtemps le gaz naturel a été considéré comme un parent pauvre de l'exploitation du pétrole, et l'on voyait sur les champs pétroliers mondiaux, des centaines

de torchères brûlantes à l'air libre, la plus grande partie du gaz naturel produite en même temps que le pétrole.

La plus part des pays ont rapidement réagi contre un tel gaspillage d'énergie en interdisant de brûler ainsi le gaz à l'air libre et en imposant ; soit une réinjection de ce gaz dans ces formations pétrolières souterraines, soit l'utiliser directement comme source d'énergie.

Au cours de ces deux dernières années la consommation du gaz naturel a connu un accroissement particulièrement rapide ; les besoins mondiales annuels en énergie devraient passer de 180 millions de tonnes équivalents pétrole par jours (mtep/j) en 1995 à 317 (mtep/j) en 2020 ; ce qui représente une augmentation de 75 % avec 3.3 % de croissance annuelle ; le gaz naturel aura la plus grande part et pourrait être la première source d'énergie en 2050 [14].

II-1-3-3- Opportunités gazières algériennes :

Les réserves algériennes en gaz naturel sont évaluées à 5000 milliards de m³ prouvées, ce qui place notre pays au cinquième rang mondial des pays détenteurs du gaz naturel. La production algérienne du gaz naturel assurée par sept principaux gisements a atteint selon les estimations 2350 milliards m³ dont :

- 750 milliards de m³ de gaz commercial.
- 344 milliards de m³ de gaz de réinjection.
- 330 milliards de m³ de condensât.
- 100 millions de tonnes de GPL.

En outre, l'amont algérien recèle des potentiels d'augmentation de la production des hydrocarbures notamment gazeux, à proximité d'un marché demandeur en plein expansion, c'est le cas de l'importante région gazière de Hassi-R'mel où les réserves prouvées avoisines les 250 milliards de m³.

L'Algérie reste le leader mondial pour la production et la commercialisation de condensât, et elle est également le deuxième exportateur mondial de GPL et du gaz naturel liquéfié GNL, une particularité à soulignée est que l'Algérie a pu réaliser diverses installations de liquéfaction du gaz naturel qui lui permettent de le commercialiser sous forme liquide ; en le transportant en Amérique du nord et en Europe par les méthaniers.

Parallèlement à ce mode de transport ; l'Algérie a pu transférer son gaz naturel par des gazoducs reliant directement Hassi-R'mel à l'Europe, c'est ainsi qu'ils exploitent actuellement le fameux gazoduc transméditerranéen reliant l'Algérie, Tunisie, Italie et la Slovaquie.

La fiabilité et le succès de ce gazoduc ont permis à l'Algérie de prévoir de nouvelles perspectives de commercialisation vers l'Europe, en construisant un autre ouvrage grandiose qui est le gazoduc Maghreb-Europe via l'Espagne.

L'union européenne reste la principale destination des exportations algériennes, avec plus de 75% des tonnages exportés, suivit des Etats unis à 20%, l'Amérique du sud à 5% et d'autre pays à 4%.

II-1-3-4- Production du gaz naturel en Algérie :

L'Algérie possède des réserves immenses en gaz naturel à savoir le champ de Hassi-R'Mel, qui est l'un des plus grand à l'échelle mondiale et celui de Ain- Salah qui est exploité depuis 2002. L'Algérie est placée au quatrième rang, en possédant 10% environ des réserves mondiales. L'exploitation de gaz naturel en provenance de l'Algérie atteindra 80 milliards de m³; autrement dit l'Algérie deviendra parmi les premiers exportateur dans ce secteur.

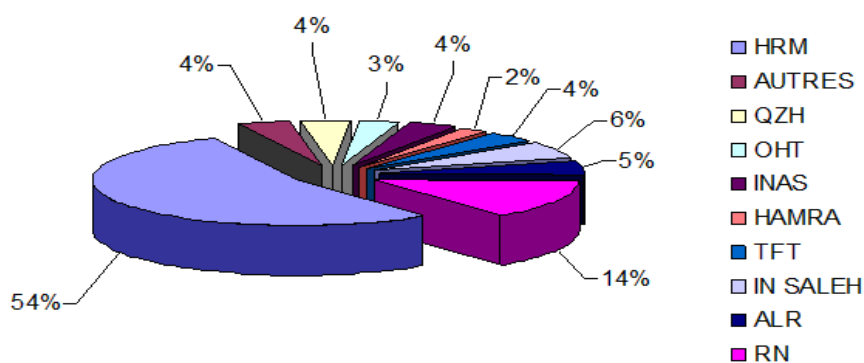


Figure II-1 : Répartition des réserves gazières en Algérie

Au 1^{er} janvier 2003, les réserves prouvées de gaz naturel sont estimées à 4077109m³. Au cours des dix dernières années les bassins de Berkine et d'Illizi ont enregistré les taux de réussite les plus élevés dans l'exploration, avec respectivement 51% et 50%.

II-1-3-5- Situation géographique de la région Gassi-Touil

La région de GASSI-TOUIL est à vocation pétrolière et gazière, Située à 1000 km au Sud-Est d'Alger ; à 150 km au sud de HASSI MESSAOUD, à une latitude de 30° 31' 0" nord et à une longitude de 6° 28' 7" est, l'altitude moyenne est 200m environ ,il s'étend sur une superficie d'environ 170 km de long et 105 km de large, dans une région à caractère désertique sujette aux tempêtes de sable et aux éclairs ,les effets de neige et le séisme ne sont pas à envisager et les conditions climatiques les plus importantes sont :

Température de l'air : -5 °C min, (sous abri en hiver) et +55 °C max, (sous abri en été). Humidité relative : 5% min. et 75% max.

Pluviométrie/gelée : 20mm en 24 heures avec possibilité d'orages violents, fréquentes gelées en hivers.

Vents : violents et souvent accompagnés de sable (180 km/h à 10 m au-dessus du sol avec une direction Nord-Est/Sud-Ouest).

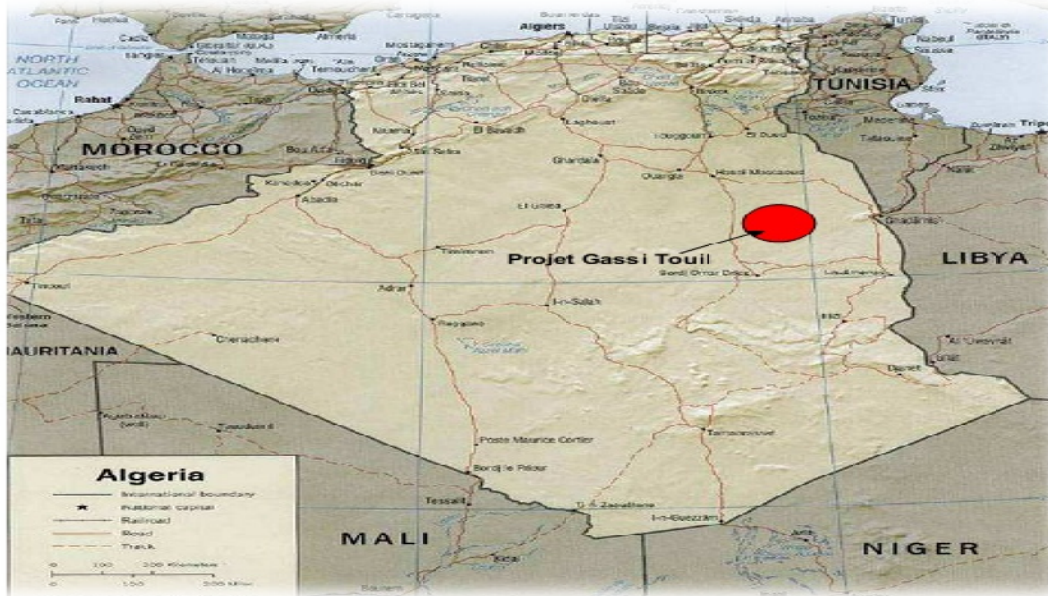


Figure II-2 : Localisation de la région de Gassi-Touil

Le champ de Gassi-Touil a été découvert en 1961 par le forage de GT1, implanté au sommet de la structure (COPEFA-CEP). Ce forage a mis en évidence la présence de gaz dans les réservoirs des Trias supérieur et inférieur, il a fallu attendre le forage de GT3 implanté sur le flanc Est de la structure, pour découvrir de l'huile dans le Trias inférieur à une profondeur de 2100m. Le forage de GT4 a aussi montré que le Trias intermédiaire était imprégné d'huile dans cette zone à une profondeur de 2020 à 2037m.

Le développement de ce champ a été poursuivi très rapidement durant les deux années suivantes, ou pas moins de 30 puits ont été forés et mis en exploitation.

Depuis, le forage de nouveaux puits a continué jusqu'en 1974, pour délimiter les contours du gisement.

La couverture principale de ce réservoir est constituée par une épaisse couche d'évaporite (sel anhydride) du trias salifère.

NOMBRE DE Puits FORÉS :

Le nombre total de puits forés est 80 puits dont :

- 35 puits producteurs d'huile dans le Trias inférieur (02 puits complètes dans les Trias intermédiaires et inférieurs).
- 13 puits producteurs d'huile dans le Trias supérieur.

- 12 puits producteurs de gaz dans le Trias supérieur.
- 06 puits injecteurs de gaz dans le Trias inférieur.
- 01 puits producteurs d'huile transforme en injecteur d'eau.
- 11 puits secs ou abandonnés.

II-2-les produits finis

II-2-A- Le gaz sec

A-1- Définition du gaz sec :

Un gaz sec ne forme pas une phase liquide dans les conditions de production, c'est-à-dire que les points représentant les conditions dans les réservoirs et en surface, se trouvent tous les deux en dehors du domaine biphasique. Le gaz doit être concentré en méthane et contenir peu d'hydrocarbures plus lourds que lui.

Les caractéristiques du gaz sec sont définies ainsi :

- Pouvoir calorifique supérieur PCS : 9350 à 9450 Kcal / m³.
- Teneur en C₅⁺ : ≤ 0.5 % molaire.
- Teneur en eau : ≤ 50ppm.
- Point de rosée : -5°C à une pression de 75 Kg / cm².
- Densité : 0.66

A-2- Utilisation du gaz sec

Le méthane (CH₄) :

Le procédé d'oxydation du méthane amenant au mélange de formol, de méthanol, et d'aldéhyde acétique. Par pyrolyse ou la déshydrogénation il se transforme en acétylène, noir de carbone et hydrogène. La conversion du méthane par la vapeur d'eau ou bien par le mélange de la vapeur d'eau et de l'oxygène fournit le gaz de synthèse (CO+H₂) qui est le point de départ de nombreuses synthèses, surtout la synthèse de l'ammoniac, qui à son tour est utilisé pour la fabrication des matières plastiques et des engrais précieux [3].

Le procédé de chloration sert à la fabrication de chlorure de méthyle, chlorure de méthylène, de chloroforme et de tétrachlorure de carbone. La nitration du méthane donne naissance au nitro-méthane employé comme solvant pour la fabrication des laques différentes.

L'éthane (C₂H₆) :

La pyrolyse de l'éthane fournit l'éthylène qui est l'une des matières premières aboutissant à l'oxyde d'éthylène, à l'éthanol, au polyéthylène, au styrol, etc. La réaction de la pyrolyse oxydative de l'éthane fournit l'acétylène et celle de chloruration permet de produire le chlorure d'éthane servant à la production de tétraéthylplomb, des alcools et des

matières plastiques, tandis que la réaction de nitration est utilisée dans la fabrication de nitroéthane et de nitrométhane largement applicables comme solvants.

II-2-B- Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) :

B-1-Définition du GPL :

Ce sont des gaz de pétrole pouvant être stockés et/ou manipulés en phase liquide dans des conditions de pression modérées à la température ambiante. Ces gaz se composent essentiellement de propane, propène, butane, butène avec de l'éthane et/ou pentane et pentène en faibles proportions. Ils sont désignés en règle générale par le nom de l'hydrocarbure qui prédomine, c'est à dire Butane ou Propane commercial. Deux caractéristiques permettent l'identification du GPL [3].

- La température d'ébullition ;
- La tension de vapeur.

Température d'ébullition : A 760 mm Hg de pression :

- le butane bout à - 1°C
- le propane bout à - 42°C

Tension de vapeur :

- La tension de vapeur du butane à 15°C est de 1,7 bars.
- La pression de vapeur du propane à 15°C est de 7,5 bars.

Avantages écologiques du GPL en tant que carburant :

la promotion du GPL dans le secteur du transport est surtout liée aux préoccupations environnementales. En effet ce produit présente des caractéristiques non polluantes par rapport aux autres carburants. Le GPL présente les avantages suivants :

- Très peu polluant du fait de sa composition chimique ;
- Indice d'octane supérieur à celui de l'essence ;
- Durée de vie du moteur du véhicule plus longue ;
- Moins cher que l'essence.

B-2-Risques de GPL :

Le stockage du GPL se fait sous pression et à température ambiante. Le liquide génère en cas de fuite des volumes importants, environ 480 m³ de gaz par tonne de produit . Le stockage du butane ou du propane se fait parfois à pression atmosphérique mais a basse température (stockage réfrigéré) .

- La limite inférieure d'inflammabilité du gaz est environ de 2% de gaz dans l'air et le mélange devient inflammable en cas de fuite.
- Le GPL est plus lourd que l'air (densité égale à environ 1.6) et stagne au niveau du sol.
- La dissipation de gaz est lente, il faut aérer.

- Le GPL liquide par évaporation peut causer des brûlures
- Des vêtements de protection doivent être portés (gants et lunettes)

B-3- Le GPL en Algérie :

L'Algérie compte parmi les grands producteurs, elle est le deuxième exportateur de GPL dans le monde. Sa production a augmenté en moyenne de 9% par an, pour atteindre un niveau de production de 8 millions de tonnes selon les chiffres du bilan 2004 rendus publics par SONATRACH. Une place de plus en plus marquée est faite au GPL à différents niveaux d'activités de l'entreprise (recherche, développement et exploitation des gisements de gaz, construction de réseau de collecte de gaz et d'évacuation des produits comme le condensât, GPL et le gaz sec).

En 1997 la SONATRACH a mis en service un pipe de GPL reliant Alrar et HassiR'mèl d'une longueur de 1000km, permettant de collecter le GPL produit dans les gisements de gaz du sud du pays, pour les acheminer vers les centres de traitement d'Arzew. Le lancement d'importants projets de développement, comme l'extension du développement de la région de Rhoude-Nouss, pour la réalisation d'un train de traitement de gaz avec la phase B de l'unité existante pour l'extraction de la totalité des GPL, atteste de l'importance accordée au GPL. Le développement de la chaîne GPL vise l'accroissement de la production pour atteindre quelque 10 millions de tonnes/an, grâce, notamment à l'augmentation de la capacité de production du complexe GP1Z (projet d'extension) et au développement des installations du complexe GP2Z (Arzew). Selon les mêmes statistiques, la SONATRACH a commercialisé quelque 2 millions de tonnes sur le marché local, notamment sous forme de butane et propane.

B-4- Utilisation du GPL :

Utilisation de GPL dans la pétrochimie :

Propane : Le propane est oxydé en acétaldéhyde, formaldéhyde, acide acétique et acétone. Lors de la pyrolyse du propane il se forme l'éthylène, et le propylène, tandis que le nitro-méthane, le nitro-éthane et le nitro-propane sont issus de la réaction de nitration, les produits de chloration n'ont pas trouvés jusqu'à présent d'application industrielle, portant il est bien connu que le propane, à côté du méthane et d'éthane sont utilisés dans la fabrication de l'acétylène [15].

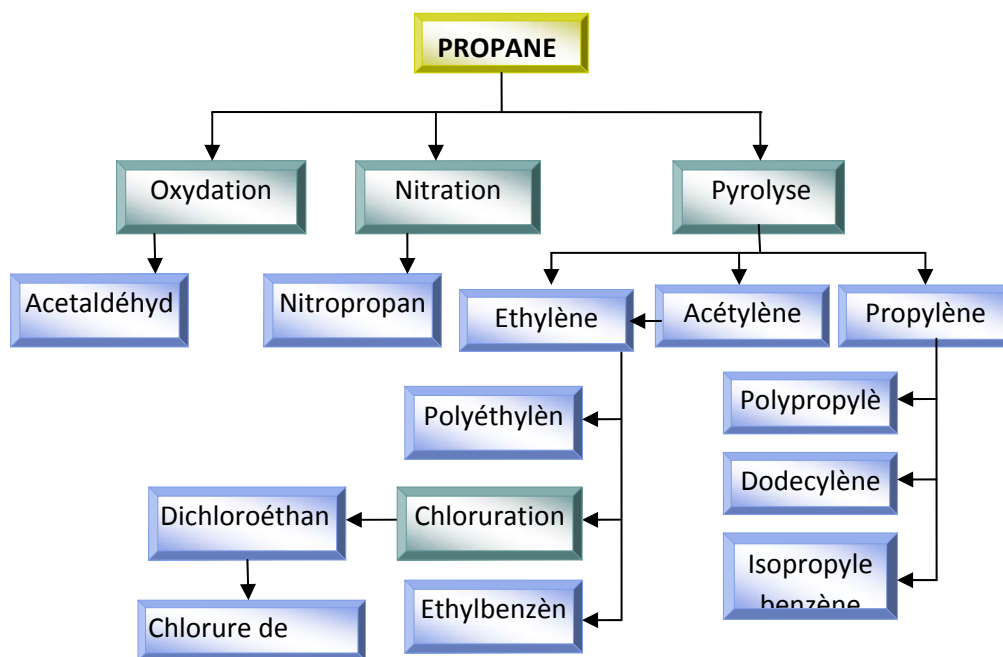


Figure II-3 : Principales transformation de propane.

n-Butane :

On l'utilise pour produire nombreuses oléfines comme , l'éthylène , le propylène et divers butylènes ou bien acétylène et butadiène, les n-butanes s'oxydent en donnant l'acétaldéhyde, l'acide acétique et formaldéhyde; l'acétone etc. Lors de la nitration du butane on obtient les nitro butanes -1 et nitro butanes -2. L'isomérisation du butane le transforme en iso-butane.

i-Butane :

L'iso- butane intervient dans les nombreuses alcoylations qui se produisent lors de la préparation des supercarburants à indice d'octane élevé, il est considéré comme agent d'alcoylation très efficace. L'iso butylène formé lors de la déshydrogénation de l'isobutane, sert de matière première dans la préparation du caoutchouc butyle du polyisobutylène et de l'essence de polymérisation.

II-2-C- Le condensât :

C-1-Définition du condensât

Le condensât est constitué d'un mélange d'hydrocarbures paraffiniques, de l' $i\text{-C}_5\text{H}_{12}$ jusqu'au $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ et plus. Généralement extrait des gisements du gaz à condensât, il est sous forme liquide dans les conditions normales de température et de pression.

C-2- Caractéristiques du condensât

Les principales caractéristiques physiques du condensât sont :

Aspect : C'est un liquide incolore, avec une odeur d'essence.

Spécifique : Le poids spécifique du condensât est compris entre 0,7 à 0,8 kg/cm³.

Point d'éclair : Son point d'éclair est inférieur à -40°C .

Limites d'inflammabilités : Il est très inflammable, car il a un point d'éclair inférieur à zéro. Ses limites d'inflammabilité sont approximativement : 1,4 à 7,6 % (dans l'air).

Densité de vapeur : Les vapeurs du condensât sont plus lourdes que l'air, la densité de vapeur est de 3 à 4 plus grande que celle de l'air.

Explosivités/inflammabilité : Le condensât est un fluide hautement inflammable et évaporable à température et pression normales. Du fait qu'il n'est pas électro-conducteur, il présente un danger d'inflammation ou explosion du fait de l'étincelage électrostatique amorcé par coulage, filtration, chute, pulvérisation, etc. On devra faire attention car les vapeurs du condensât constituent un mélange gazeux explosif se répandant par terre du fait de sa densité très élevée.

Toxicité physiologique : Les vapeurs de condensât sont toxiques. Lorsqu'un homme s'y expose, le premier symptôme constaté sera l'irritation des yeux ; ce qui sera suivie des symptômes névropathies (étourdissement). La victime peut éventuellement se mettre à crier, chanter, rire stupidement et finir à avoir du mal à marcher. Lorsque la concentration des vapeurs du condensât est de l'ordre de 0,025 à 0,05 % vol dans l'air, elles ne peuvent pas causer des symptômes sérieux, même après plusieurs heures d'installation.

Précautions hygiéniques : Pour prévenir l'intoxication, on doit réaliser une ventilation convenable des locaux de travail et maintenir la concentration des vapeurs du condensât à moins de 300 ppm.

C-3- Utilisation du condensât :

Le condensât est utilisé dans la production des carburants notamment les essences, le prix de revient est plus bas que les essences produites à partir du pétrole brut car la séparation et la transformation du condensât sont moins coûteuses, et sa composition chimique riche en élément légers. Il est utilisé dans le procédé d'isomérisation pour produire l'essence « isomérisat » en transformant les paraffines en isoparaffines qui ont un haut indice d'octane (NO), utilisé également dans le reforming catalytique.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit le site de traitement de gaz de Gassi-Touil, ses activités et ses produits finis, on a aussi présente un aperçu sur l'énergie et le gaz dans le monde et en Algérie. Quelques statistiques ont été données et qui ont montre le rôle stratégique de ce site tant au niveau national qu'international.

CHAPITRE IV

Identification des sources d'émission et évaluation de la quantité de CO₂ rejeté

III-1- Identification des sources d'émission et évaluation de la quantité de carbone rejeté

III-1-1- Introduction

On appelle « empreinte carbone » la mesure du volume de dioxyde de carbone (CO₂) émis par combustion d'énergies fossiles, par les entreprises ou les êtres vivants. Il est, dans ses usages privés de l'énergie, directement responsable d'une partie des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) à l'atmosphère. Le calcul de son empreinte carbone aide à définir les stratégies et les solutions les mieux adaptées à chaque secteur d'activité et de participer ainsi plus efficacement à la diminution des émissions de gaz à effet de serre. Le calcul de l'empreinte carbone permet aussi de compenser ses émissions de CO₂. Il existe actuellement plus d'une trentaine de structures qui proposent des mécanismes de compensation du CO₂ [17] [18] [15].

III-1-2- Définition du calculateur CO₂

L'émission du carbone varie considérablement entre les pays. Elle dépend de la combinaison des sources utilisées pour produire de l'énergie. Parmi les sources utilisées pour produire l'électricité on trouve le pétrole, le charbon, l'uranium, l'eau (centrales hydrauliques) et le gaz naturel qui est le cas fréquent en Algérie.

Cette production émie 547,8543 gramme de CO₂ par KWh produit. Des calculateurs programmes sont à la disposition pour le calcul de la quantité de CO₂ émise en fonction des KWh produits, pendant la combustion, les émissions réelles en g/Km pendant les trajets de voiture...

Énergie kWh	Electricité mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg Emissions	CO ₂ lb	TOE ton oil equivalent
Calcul de CO ₂ pour produire de l'électricité en kWh					
1000		500	500 kg	lb	kg
Les émissions de CO ₂ par kWh d'électricité et de chaleur					
1000	Algeria	0.5	500 kg	lb	555
Les émissions de CO ₂ , la comparaison entre différentes sources d'énergie					
1000		0.5	500 kg	lb	500

Figure III-1 : Interface du calculateur « Sunearthtools ».

En vue d'évalue la quantité de CO₂ émise sur le site de traitement de gaz de Gassi-Touil, on fera appelle au calculateur « Sunearthtools » pour l'évaluation de l'empreinte carbone due à : la consommation électrique, la combustion du fuel et le gaz torché.

Le calculateur « Sunearthtools », nécessite les entrées suivantes :

- Consommation électrique en KWh.
- Consommation en fuel gaz.
- Distance parcouru et nature du fuel utilise (pour calculé l'émission de carbone durant un trajet en voiture).

III-1-3- Identification des sources d'émission de CO₂

III-1-3-A- Consommation électrique :

La consommation électrique de toute la région de Gassi-Touil (unité de traitement de gaz et la base de vie) est assure par Un poste électrique sous enveloppe métallique (PSEM), parfois aussi dénommé poste blindé, qui est un poste électrique dont l'isolation est réalisée par un gaz isolant, typiquement de l'hexafluorure de soufre (SF₆), et dont l'enveloppe métallique externe est mise à la terre. Ils s'opposent aux postes électriques isolés dans l'air. Leurs principaux intérêts sont d'être très compacts et de pouvoir être installés à l'intérieur de bâtiments.



Figure III-2 : Poste blindé qui couvre la consommation électrique de la région de Gassi-Touil

Dans le but d'évalue la quantité de CO₂ rejeté à cause de la consommation électrique, pour l'unité de traitement du gaz et la base de vie de Gassi-Touil, on s'est rapproché du service électrique qui nous a fournis les donnes suivantes :

A-1- Unité de traitement du gaz (CPF)

La consommation électrique mensuelle de l'unité de traitement de gaz est donnée par le tableau suivant :

Mois	Consommation électrique CPF (MWh)	Quantité de CO2 rejeté (tonnes)
Janvier	10500	5752,47
Février	10000	5478,54
Mars	9000	4930,69
Avril	9000	4930,69
Mai	9700	5314,19
Juin	10000	5478,54
Juillet	10000	5478,54
Aout	11000	6026,4
Septembre	10399	5697,14
Octobre	8447	4627,73
Novembre	10166	5569,49
Décembre	10665	5842,87

Tableau III-1 : Consommation électrique mensuelle du CPF et quantité de CO₂ rejeté.

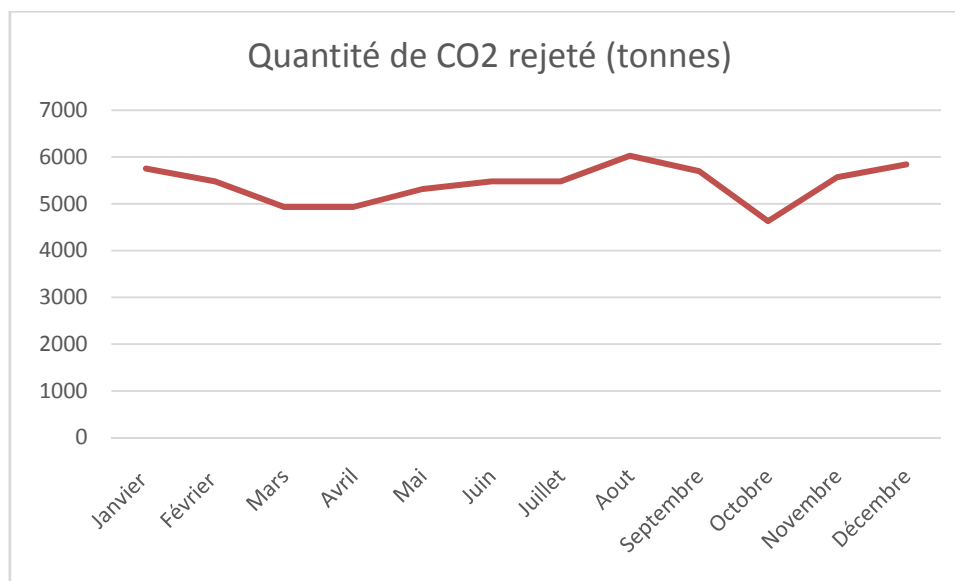


Figure III-3 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté sur le CPF.

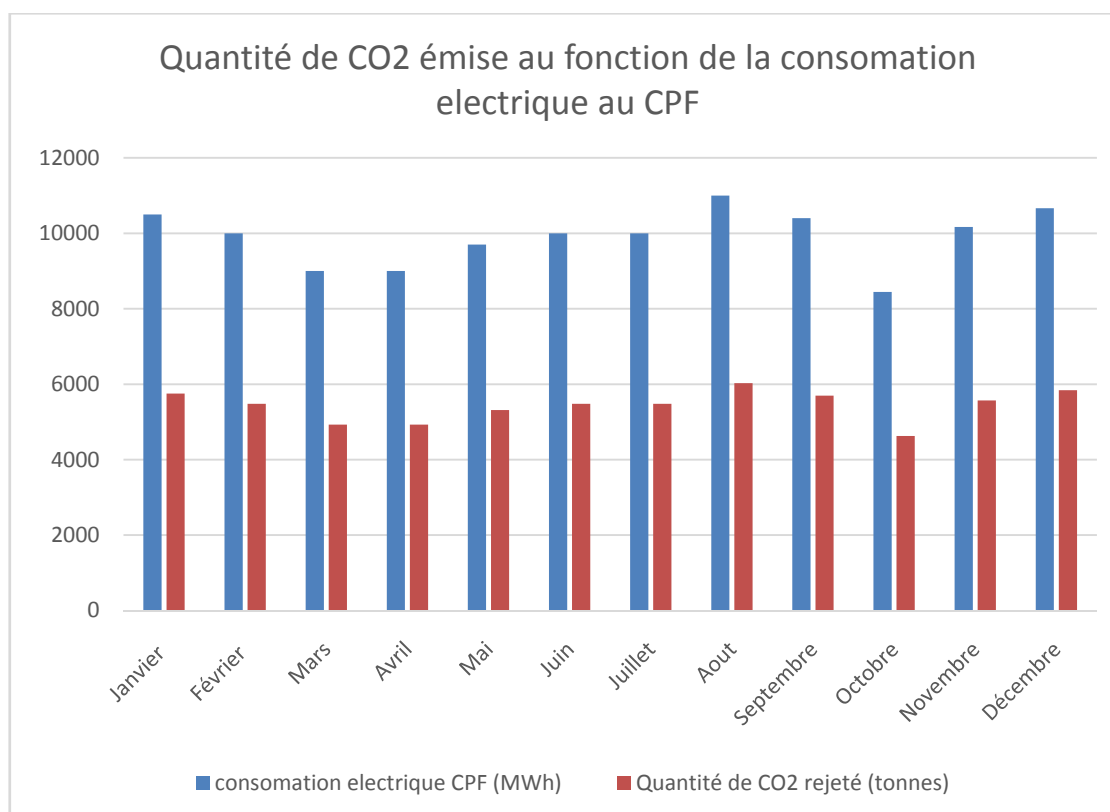


Figure III-4 : Quantité de CO₂ mensuelle rejeté en fonction de la consommation électrique du CPF.

Interprétation :

La quantité du CO₂ rejeté sur le CPF (installations centrales de production) est en fonction de la consommation électrique, dans le cas normal la consommation électrique doit être linéaire sur toute l'année, sauf en été (de juin à septembre), ou on doit observer une hausse qui est due à la surconsommation des aerorefrigerants.

Dans notre cas, pendant la première année de la mise en marche de l'usine, on a observé une baisse au mois de Mars-Avril à cause des travaux de modification dans l'unité G05 (Boosting), parmi deux Boosting on a fait marcher qu'un seul.

La baisse du mois d'octobre est causée par l'arrêt partiel de l'usine, et les travaux sur les vannes principales.

A-2- Base de Vie

La consommation électrique de la base de vie (chambres d'hébergement, restaurant, administration...) nous est fournie par le tableau III-2 :

Mois	Consommation électrique de la Base de Vie (MWh)	Quantité de CO ₂ rejeté (tonnes)
Janvier	500	273,93
Février	530	290,36
Mars	520	284,88
Avril	500	273,93
Mai	700	383,5
Juin	900	493,07
Juillet	1000	547,85
Aout	1000	547,85
Septembre	1000	547,85
Octobre	767	420,2
Novembre	713	390,62
Décembre	686	375,83

Tableau III-2 : Consommation électrique de la base de vie et quantité de CO₂ rejeté.

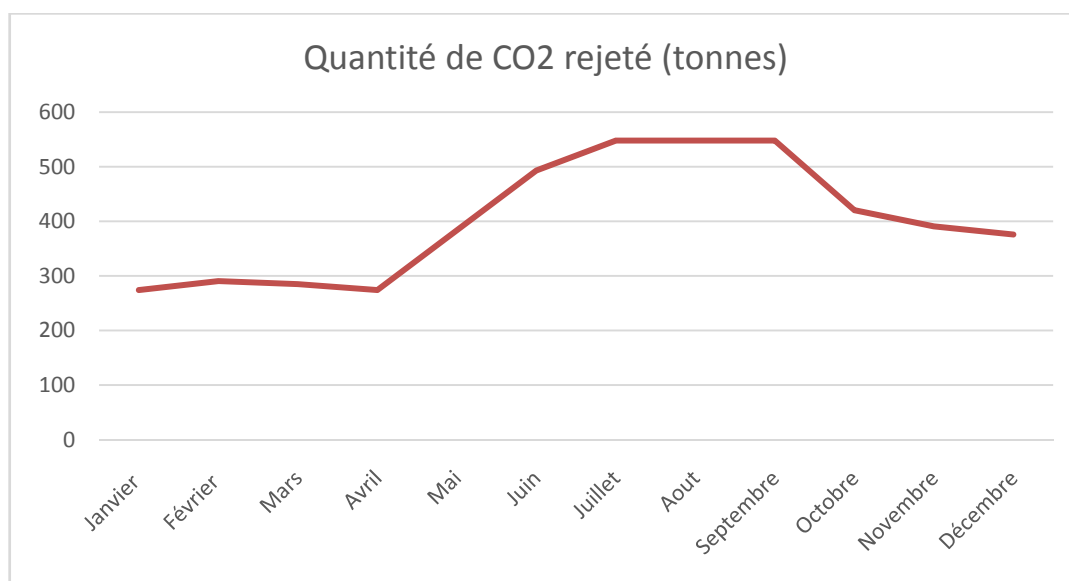


Figure III-5 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté dans la base de vie.

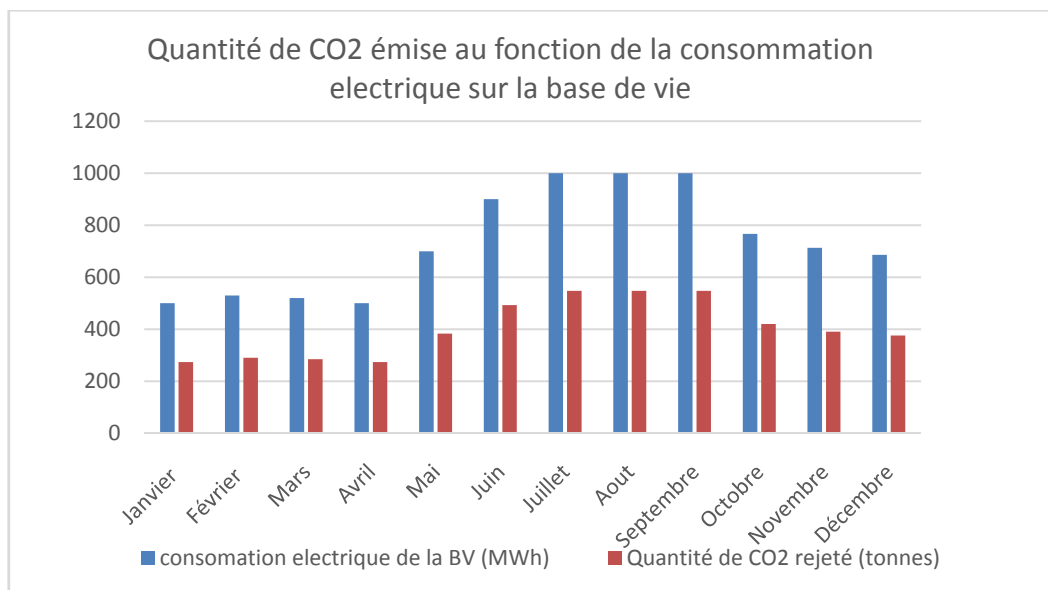


Figure III-6 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté en fonction de la consommation électrique sur la base de vie.

Interprétation :

La quantité mensuelle de CO₂ rejeté, varie en fonction de la consommation électrique, cette dernière est maximal durant la saison estivale (juin jusqu'à octobre), à cause notamment du besoin de climatisation, ce qui permet le rejet d'une quantité importante de CO₂ (mois de juillet).

III-1-3-B- Combustion du fuel :

La combustion du fuel nécessaire au fonctionnement des turbines dégage une quantité importante de CO₂, dans le but d'évaluer l'empreinte carbone causée par la consommation du fuel, on s'est rapproché du service calcul qui nous a fourni la consommation mensuelle du fuel sur le CPF.

Mois	consommation fuel (m ³)	Quantité de CO2 (tonnes)
Janvier	234906.176	17810
Février	213115.312	16157.87
Mars	205932.450	15613.23
Avril	226925.218	17204.9
Mai	205590.409	15587.35
Juin	229637.794	17410.56
Juillet	234459.622	17776.14
Aout	229329.007	17387.15
Septembre	217927.639	16522.73
Octobre	170559.708	12931.41
Novembre	205291.124	15564.66

Décembre	236948.921	17964.87
----------	------------	----------

Tableau III-3 : Consommation mensuelle du fuel et quantité de CO₂ rejeté

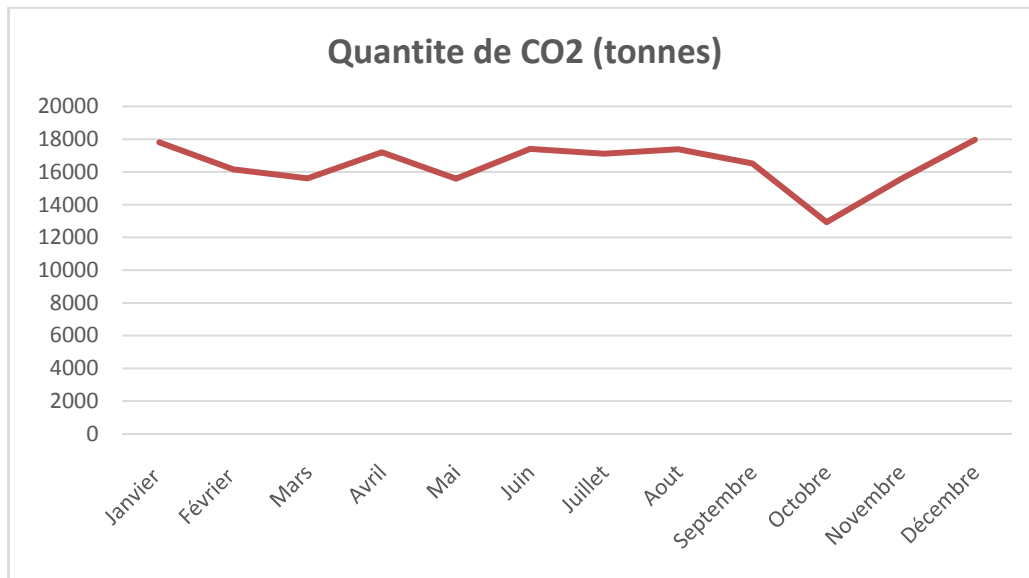


Figure III-7 : Quantité mensuelle de CO₂.

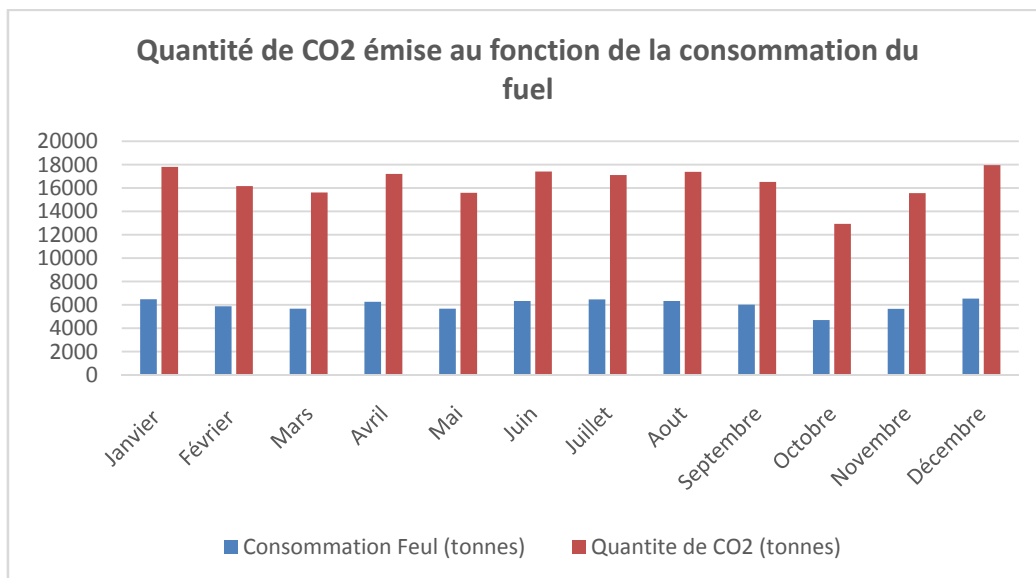


Figure III-8 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté en fonction du débit de fuel consommé.

Interprétation :

La quantité mensuelle de CO₂ rejeté, varie en fonction de la consommation du fuel, au mois d'octobre on a observé une baisse à cause de la révision effectuée sur l'une des deux turbine, mais la consommation a repris à partir du mois de novembre.

III-1-3-C- Gaz torché

En cas de problème technique sur une installation de traitement du gaz, il est nécessaire, pour des raisons de sécurité, de vider et bruler les gaz présent dans les équipements. Il s'agit du torchage. Il se produit de façon intermittente et le volume brule correspond au volume de gaz présent dans l'installation au moment de l'évènement Les valeurs du débit mensuelle de gaz torche est donné par le tableau suivant

Mois	gaz torche (m ³)	Quantité CO2 (tonnes)
Janvier	8565761.324	649434.61
Février	3851194.250	291987.92
Mars	4474924.098	339277.56
Avril	2723215.639	206456.4
Mai	3164490.040	239923.72
Juin	19145907.950	1451594.88
Juillet	17154102.645	1300581.18
Aout	3622898.005	274679.07
Septembre	6084004.139	461273.98
Octobre	14128837.005	1071213.1
Novembre	24024321.833	1821464.02
Décembre	9151252.687	693825.1

Tableau III-4 : Débit mensuelle torché et quantité de CO₂ rejeté.

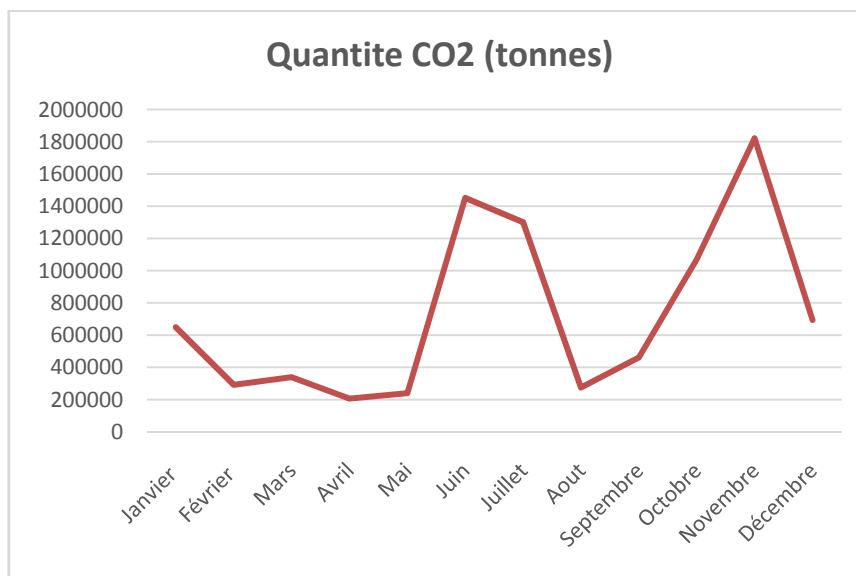


Figure III-9 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté.

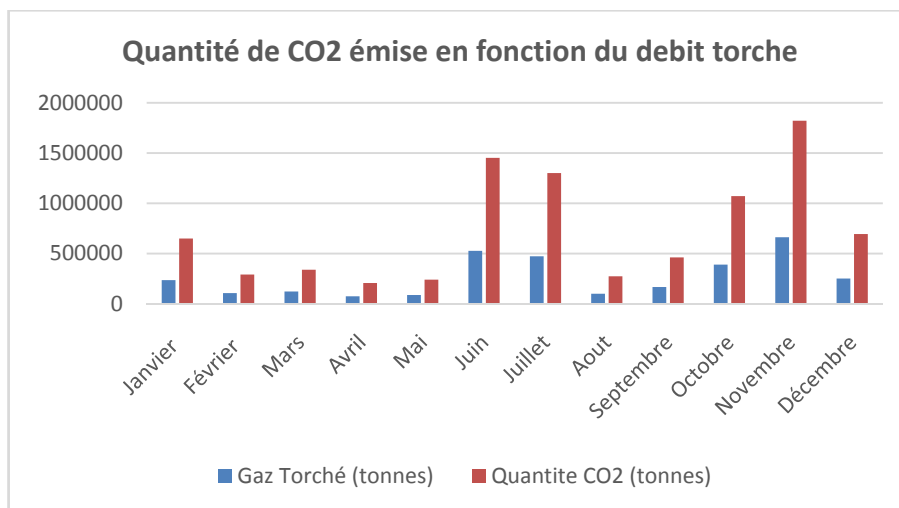


Figure III-10 : Quantité mensuelle de CO₂ rejeté en fonction du débit de gaz torché.

Interprétation :

La quantité mensuelle du CO₂ rejeté varie en fonction du gaz torche, durant les mois (juin, juillet) le torchage du fuel gaz est maximal, cela est due aux problèmes techniques rencontre sur l'unité P10 (la zone de stabilisation de condensat/ débutanisation), une fuite d'huile dans le rebouiller. Le même raisonnement pour les mois (octobre, novembre) à cause de la révision effectuée sur l'une des deux turbine de l'unité d'expédition G50.

III-1-4- Conclusion :

L'identification des sources d'émission et l'évaluation de la quantité de CO₂ rejeté sur le site de traitement de gaz et la base de vie de Gassi-Touil, nous a permis d'estimer 9068939,57 Tonnes de CO₂ rejeté durant la première année (2014) de démarrage de l'usine, cette émission est due principalement à la consommation électrique du CPF et de la base de vie, la combustion du fuel (turbines, four...) et au torchage du gaz.

Lors de notre training dans l'usine, l'ingénieur charge du service électrique nous a fait savoir que près de 80% de la consommation d'énergie électrique du CPF est destiné à l'unité Boosting (G05), qui est constitué de deux moto-compresseurs, à deux étages chacun.

Avant de proposer une solution pour la réduction de l'empreinte carbone, on a voulu faire une simulation des performances énergétique de l'unité G05 sous le logiciel HYSYS, pour estimer la marge d'erreur entre les données de désigne et les données de la simulation et identifier ainsi les organes à forte consommation d'énergie et à grande émissions de gaz à effet de serre.

III -2- Analyse des performances énergétiques de l'unité G05 (unité Boosting) sous HYSYS

III-2-1- Problématique :

Les calculs qu'on a effectué dans la partie précédente (Identification des sources d'émission et évaluation de la quantité de carbone rejeté), ont démontré que la consommation électrique de l'unité Boosting (G05) représente près de 80% de la consommation totale du CPF et sachant que la quantité de CO₂ rejeté est en fonction de la consommation d'énergie électrique, une analyse des performances énergétiques sous le logiciel HYSYS est nécessaire pour vérifier l'efficacité de l'unité et identifier les organes à forte consommation d'énergie.

III -2-2- Unité Boosting (G05)

Le gaz provenant du slug catcher BP (G01), du ballon de détente de condensat du slug catcher HP G01 (flush droom) et de la tête de la colonne de stabilisation (P10), est envoyé vers le compresseur booster, passant par un ballons tampons d'aspiration qui est nécessaires pour éviter l'entrée de gouttelettes de liquide dans le carter du compresseur booster .

La mise en route des équipements du 1^{er} étage du compresseur booster de l'un des deux train, d'une vanne de régulateur de pression, du refroidisseur de refoulement et du ballon tampon d'aspiration du 1^{er} étage du compresseur booster (G05), est prévue pour une date postérieure en raison de la baisse de la pression du puits sous 28 bar avec le temps. A ce moment-là, la pression d'entrée du slug catcher BP sera réduite à 13 bar et la mise en route du compresseur du 1er étage devra être effectuée.

Le compresseur booster du 2^{ème} étage (G05), de type centrifuge entraîné par un moteur à vitesse constante, comprime le gaz provenant du ballon tampon d'aspiration du 2^{ème} étage G05 jusqu' à 70 bar.

Le gaz comprimé est refroidi jusqu'à 60 C par le refroidisseur de refoulement du 2^{ème} étage du compresseur Booster G05 équipé d'un moteur fixe. Ensuite, le gaz comprimé refroidi est envoyé vers l'unité de récupération de GPL (G11) à travers le ballon tampon de refoulement du 2^{ème} étage (G05).

Le liquide condensé provenant du ballon tampon d'aspiration du 2^{ème} étage et du ballon tampon de refoulement est combiné avec le liquide de condensat provenant du ballon tampon d'aspiration du 1^{er}étage et il sera renvoyé vers le ballon de détente de condensat du Slug Catcher BP (G01).

III -2-2-A- Définition des différents équipements de l'unité Boosting

L'unité Boosting est constituée de différents organes, on distingue

A-1- Moto Compresseur

Le compresseur booster ou le moto compresseur est une machine accouplée directement à un moteur électrique dans lequel, un fluide échange de l'énergie avec des emplisseurs munis d'aubes tournant autour d'un axe.

L'indice principal de ce compresseur est la continuité de l'écoulement de l'entrée à la sortie. Les aubes ménagent entre elles des canaux par lesquels le fluide s'écoule. Elles sont des obstacles prolongés donnant la direction au fluide qui les traverse.

Les motos compresseur sont appliquées dans divers domaines, ils peuvent être utilisés dans l'industrie du gaz, la métallurgie mécanique...

L'équation fondamentale :

$$PV = RT \quad (1)$$

- **R**: la grandeur qui conserve une valeur fixe pour un gaz parfait donné (constante spécifique du gaz) tandis que pour un fluide gazeux non assimilable à un gaz parfait elle varie avec les grandeurs P et T.
- **P** : la pression absolue [N/m²].
- **V** : le volume spécifique [m³/Kg].
- **T** : la température absolue [K].

La relation (1) montre immédiatement que pour augmenter la pression d'un gaz, on peut agir soit sur sa température, soit sur son volume spécifique, soit encore sur les deux grandeurs à la fois [13].

A-2- Séparateur

Un séparateur est un réservoir qui fonctionne à pression constante grâce à un système de vannes à ouverture réglable sur les sorties huile et gaz. Par un système de grillages et de chicanes convenablement disposés à l'intérieur, l'écoulement du mélange est retardé de façon à éviter l'entraînement de gouttelettes liquides dans le gaz et de bulles de gaz dans l'huile.

Il est constitué par un cylindre vertical terminé par un fond bouché. L'arrivée de l'effluent s'effectue en général tangentiellement à une circonférence et à peu près à mi-hauteur du séparateur. Le mélange se sépare par gravité, l'huile descend en hélice le long de la paroi et le gaz monte à la partie supérieure. Le gaz traverse un tamis extracteur de gouttelettes et est évacué à la partie supérieure en passant à travers une vanne automatique de contrôle de pression. L'huile est évacuée à la partie inférieure à travers une vanne automatique d'huile commandée par un flotteur.

Pour des solides ou des liquides, c'est le rapport entre la masse volumique de l'espèce chimique considérée et celle de l'eau. :

$$d_{\text{espece chimique}} = \frac{\rho_{\text{espece chimique}}}{\rho_{\text{eau}}} \quad (2)$$

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$$

A-3- Aéroréfrigérant

Un aéroréfrigérant est un dispositif permettant de transférer de l'énergie thermique du fluide interne vers l'air extérieur. On utilise cette méthode pour refroidir

un liquide (eau, huile, fuel...) ou pour condenser et refroidir un gaz. Par exemple, on utilise un aéroréfrigérant pour refroidir l'eau d'un circuit de refroidissement d'un moteur thermique.

L'aéroréfrigérant est composé d'une surface d'échange et d'un moyen de ventilation. Le fluide à refroidir passant dans des tubes et l'air extérieur passant autour des tubes qui sont munis d'ailettes pour augmenter le coefficient d'échange thermique. Par exemple, la surface d'échange peut être composée de tubes en cuivre et d'ailettes en aluminium, avec des groupes moteurs-ventilateurs pour assurer la circulation de l'air et l'évacuation de la chaleur.

Lorsque la réfrigération de notre fluide est isobare.

Alors, on peut avoir :

$$\Delta H_{2-1} = \dot{m}_1 \cdot (h_2 - h_1) = \dot{m}_{f.c} \cdot C_{p.f.c} (T_{cs} - T_{ce}) \quad (3)$$

ΔH_{2-1} : Chaleur cédée par le fluide à l'extérieur (air, eau, milieu à chauffer...) pour se refroidir (kJ/h).

h_1 : Enthalpie massique du fluide à l'entrée d'aéroréfrigérant (kJ/kg).

h_2 : Enthalpie massique du fluide à la sortie d'aéroréfrigérant (kJ/kg).

$\dot{m}_{f.c}$: Débit massique du fluide chaud nécessaire à la réfrigération du fluide (kg/h).

$C_{p.c.f}$: Chaleur spécifique massique du fluide (kJ/kg.K).

T_{ce}, T_{cs} : Respectivement les températures d'entrée et de sortie du fluide.

A-4-Résistance électrique chauffante

La résistance électrique traduit la propriété d'un matériau à s'opposer au passage d'un courant électrique. Elle est souvent désignée par la lettre **R** et son unité de mesure est l'ohm [Ω]. Elle est liée aux notions de résistivité et de conductivité électrique. Pour un conducteur filiforme homogène, à une température donnée, il existe une relation permettant de calculer sa résistance en fonction du matériau qui le constitue.

Elle est aussi responsable d'une dissipation d'énergie sous forme de chaleur. Cette propriété porte le nom d'effet Joule. Cette production de chaleur est parfois un effet souhaité (résistances de chauffage), parfois un effet néfaste (pertes Joule) mais souvent inévitable.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{s} \quad (4)$$

ρ : La résistivité en ohm-mètre ($\Omega \cdot m$).

l : La longueur en mètres (m). s : La section en mètres carrés (m²).

A-5-La vanne de régulation

La vanne de régulation ou vanne automatique, organe relevant de la régulation industrielle des procédés physico-chimiques, est commandée par un actionneur dont les variations continues de position entraînent une modification de la taille de l'orifice de passage du fluide, permettant la modulation de la chute de pression à ses bornes lors du passage d'un fluide. Cette modulation de la chute de pression à ses bornes pouvant par exemple permettre la maîtrise du débit la traversant.

La vanne de régulation de pompage est une vanne qui a pour fonction de démarrer le pompage de manière automatique. Dès que l'utilisateur allume la pompe la vanne permet de démarrer de manière automatique le pompage.



Figure III -11 : Vanne de régulation

III -3- Analyse des performances sous HYSYS

III -3-1-Généralités sur la simulation :

La simulation est une forme particulière de l'expérience, dans une expérience ordinaire, l'expérimentateur exerce une action directe sur l'objet à étudier, par contre, dans la simulation, ce contact n'existe pas en ce sens, tel que l'expérimentateur n'agit pas directement sur l'objet mais sur son modèle mathématique.

La simulation est l'utilisation d'un modèle mathématique adéquat pour étudier le comportement d'un système physique.

Un modèle mathématique est un ensemble d'équations qui décrivent le comportement d'un système à étudier (opération unitaire). Ces équations sont souvent des relations de conservation de masse, d'énergie et des équations de conservation de quantité de mouvement. En utilisant cet aspect mathématique de raisonnement, la simulation offre un avantage majeur et important, car elle fournit une bonne approche du comportement du système réel.

De nos jours, vu le développement considérable de logiciels informatique, la simulation est devenue un outil de travail indispensable pour l'ingénieur énergéticien.

Le fonctionnement d'un simulateur est basé essentiellement sur le choix d'un modèle thermodynamique représentant mieux le système à étudier.

Les différentes tâches qu'un simulateur de procédé devrait effectuer sont :

- La résolution des bilans de matières et d'énergie ;
- Le dimensionnement des équipements ;
- L'évaluation économique du procédé ;
- L'optimisation du procédé.

Et pour la réalisation de celle-ci, un simulateur doit contenir :

- Une bibliothèque de modèle de calcul des propriétés physiques et thermodynamiques des corps purs et des mélanges, couplée à une banque de données « de corps purs » ;
- Une bibliothèque de module standard de simulation des opérations unitaires les plus couramment présentées dans un procédé de fabrication ;
- Une bibliothèque de modules de méthodes numériques algébriques ;
- Une bibliothèque de modules de génération de diagnostics.

III -3-2-Le choix du modèle thermodynamique :

La prédiction du comportement d'un système et des propriétés physique et thermodynamiques des corps purs ou des mélanges dépend de plusieurs paramètres.

Les équations d'état sont établies pour prédire si les propriétés physiques et thermodynamiques sont en accord avec les valeurs réelles sans passer par l'expérience.

Parmi ces équations d'état, on peut citer les équations suivantes :

- *Van DerWaals.*
- *Redlich-Kwong (RK).*
- *SoaveRedlich-Kwong (SRK).*
- *Peng-Robinson (PR).*
- *Peng-Robinson Stryjek-vera (PRSV).*
- *Benedict-Webb-Rubin-Starling (BWRS)...*

La différence entre ces différentes équations d'état réside principalement dans leurs domaines d'application. Les modèles thermodynamiques sont très nombreuses, et leurs domaines d'utilisation sont très diversifiés.

Le tableau ci-dessous donne les principaux modèles thermodynamiques qui existent dans HYSYS avec leurs domaines d'utilisations spécifiques pour chaque processus.

Type de système	Modèle recommandé
PR	Déshydratation TEG
PR	Eau dure
PR, Sour PR	Cryogénie et traitement des gaz
PR, PRSV	Séparation de l'air
PR, PRSV	Colonnes sous vide
PR, PR Option, GS (<10 mmHg)	Système à H2 élevé

PR, ZJ ou GS	Système réservoir
PR, PR Options	Vapeur d'eau
Modèles d'activité, PRSV	Inhibition d'hydrate
PR	Alkylation à HF
PRSV, NRTL	Déshydratations au TEG avec aromatiques

Tableau III-5 : Modèle thermodynamique recommandé à chaque procédé utilisé.

III -3-2-1-Equations d'états usuels

Equation de SOAVE et de PENG-ROBINSON

Les équations de SOAVE (1972) et PENG-ROBINSON (1976) diffèrent de l'équation de REDKICH-KWONG par l'introduction d'une fonction $a(T)$ qui dépend du facteur acentrique.

L'équation de SOAVE est se forme suivante :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b)} \quad (5)$$

SOAVE a introduit les relations suivantes pour exprimer la fonction $a(T)$:

$$a(T) = a_c \alpha(T_R) \quad (6)$$

Avec :

$$\alpha(T_R) = \left[1 + m(1 - \sqrt{T_R}) \right]^2 \quad (7)$$

Le coefficient m est calculé en fonction du facteur acentrique ω :

$$m = 0.480 + 1.574\omega - 0.176\omega^2 \quad (8)$$

L'équation de PENG-ROBINSON diffère de l'équation de SOAVE par l'expression du terme d'attraction. Elle a été introduite en vue d'améliorer les résultats obtenus par l'équation de SAOVE, notamment en ce qui concerne le calcul des densités en phase liquide, sans modifier le nombre de paramètres :

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a(T)}{V(V+b) + b(V-b)} \quad (9)$$

Les termes $a(T)$ et b sont définis comme suit :

$$a = 0.45724 \frac{R^2 T_C^2}{P_C} \alpha(T_R) \quad (10)$$

Le terme $\alpha(T_R)$ présente la même forme générale que dans le cas de l'équation de SOAVE. Il suit la relation (7), mais la fonction reliant le paramètre m au facteur acentrique ω est différente :

$$m = 0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2 \quad (11)$$

$$b = 0.0778 \frac{RT_C}{P_C} \quad (12)$$

Ces équations sont très largement utilisées dans les modèles de simulation, en production et traitement de gaz. L'équation la plus recommandée pour les systèmes d'hydrocarbures

est l'équation de PENG ROBINSON, car elle résout correctement les problèmes d'équilibre et permet de prédire des densités liquides plus en accord avec les valeurs réelles que les autres équations.

Equation	Température °C	Pression Kpa
PR	>-271	100000

Tableau III-6 : Domaines d'applications de l'équation de PENG ROBINSON

III -3-3- Concepts de base du simulateur HYSYS

HYSYS est un simulateur de conception orientée-objets. Tout changement spécifié sur un élément est répercuté dans tout le modèle.

Dans ce qui suit, on définit les principaux concepts de base et vocabulaires associés, qui sont utilisés pendant les étapes de construction d'un modèle dans le simulateur HYSYS:

- ✓ « **Flowsheet** » : c'est un ensemble d'objets « *Flowsheet Elements* » (courants de matière, d'énergie, d'opérations unitaires, de variables opératoires) qui constituent tout ou une partie du procédé simulé et qui utilisent la même base de données thermodynamique «*Fluid Package* ».
- ✓ « **Fluid Package** » : il permet de définir les composants chimiques présents dans le procédé simulé et leurs affecte les propriétés chimiques et physiques contenues dans la base de données des corps purs.
- ✓ « **Process Flow Diagram** » : ce diagramme permet de visualiser les courants et les opérations unitaires, représentées par des symboles dans le « *Flowsheet* ».
- ✓ « **Workbook** » : il permet d'avoir accès à l'information sur les courants et les opérations unitaires sous forme de tableau de données.
- ✓ « **Desktop** » : c'est l'espace principal de HYSYS pour visualiser les fenêtres lors de la conception.
- ✓ « **Propertyview** » : il contient l'information décrivant un objet (opération ou courant).
- ✓ « **Simulation Case** » : (fichier de simulation) c'est l'ensemble des « *Fluid Packages* », « *Flowsheets* » et « *Flowsheet Elements* » qui constituent le modèle.

III -3-4- Environnement de développement dans HYSYS

Il existe 5 environnements de développement pour manipuler et mettre en forme l'information dans le simulateur.

- ✓ **Environnement « Basis Manager »** : cet environnement permet de créer et modifier le « Fluid Package ».
- ✓ **Environnement « OilCharacterization »** : il est utilisé pour caractériser les fluides de type pétrolier.
- ✓ **Environnement « Main Flowsheet »** : il permet de définir la topologie du Flowsheet principal de la simulation.

- ✓ **Environnement « Sub-Flowsheet »** : il permet de définir la topologie d'un sous ensemble particulier du schéma principal (un courant ou une opération particulière et des autres Sub-Flowsheets).
- ✓ **Environnement « column »** : c'est un objet particulier permettant de définir la topologie de l'opération unitaire colonne de stabilisation. Il possède ses propres « Flowsheet », « Fluid Package », « PFD » et « Workbook ».

La figure suivant montrant quelques vocabulaires qui sont utilisés pendant les étapes de construction d'un modèle :

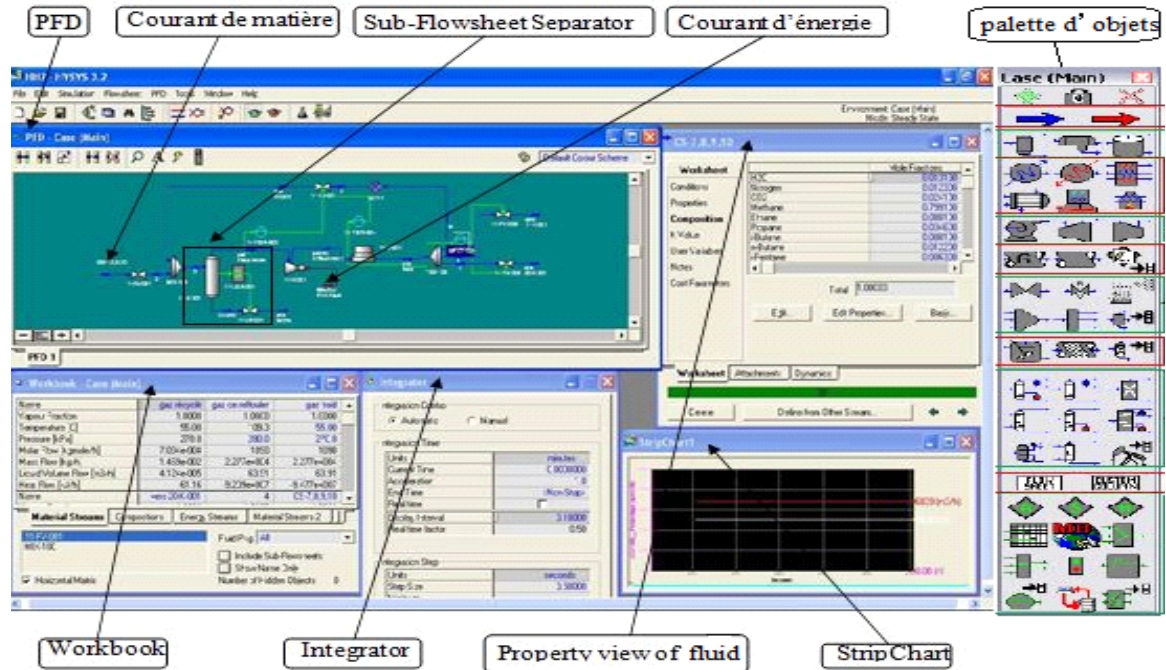
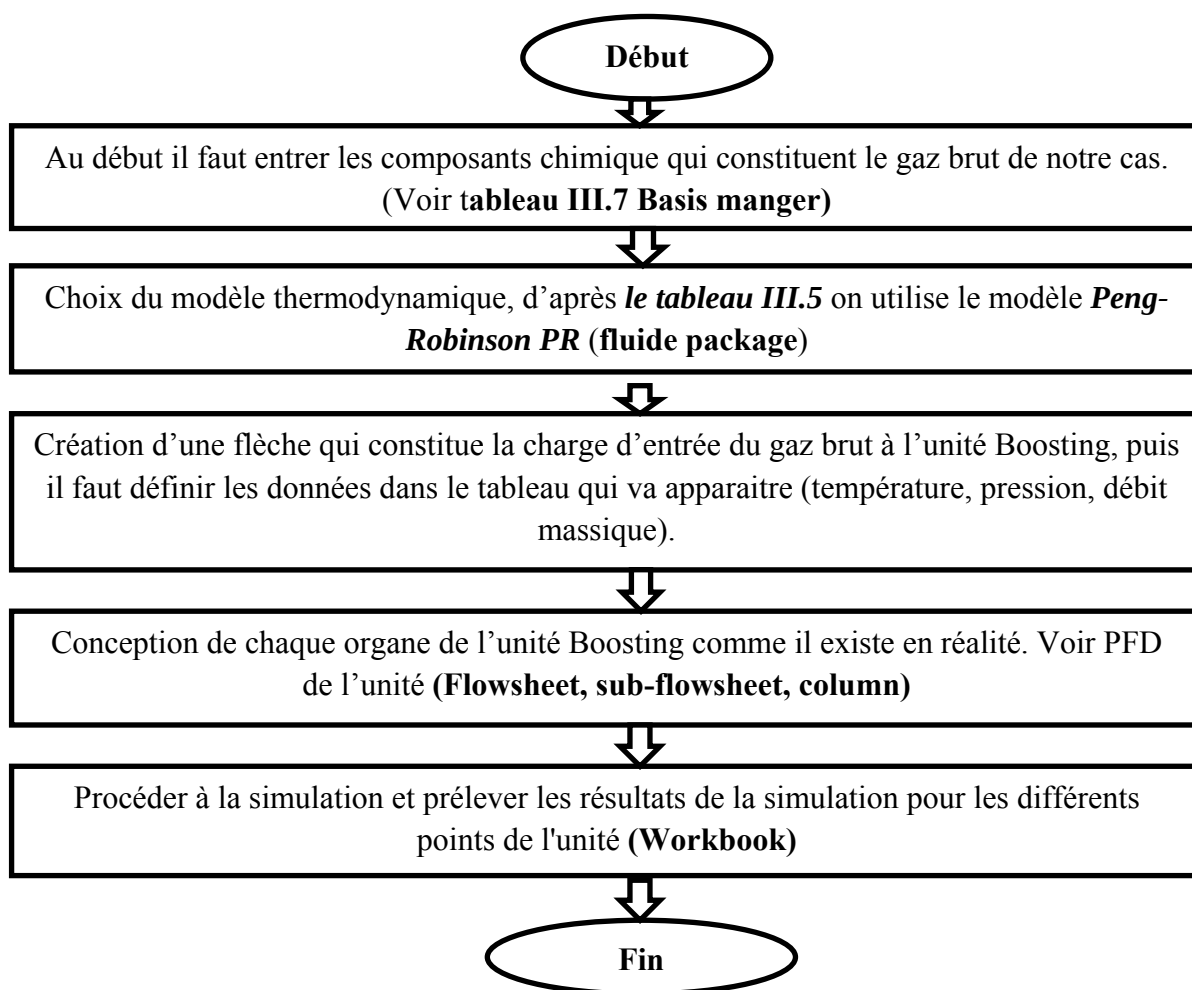


Figure III-12 : Interface HYSYS



III -4- Organigramme de la simulation de l'unité Boosting (G05) sous HYSYS

III -4-1- Composition du Gaz Brut

Fraction molaire	GASSI TOUIL	HASSI TOUAREG
C1 (méthane)	0,84252	0,68862
C2 (éthane)	0,06018	0,10219
C3 (propane)	0,02514	0,0435
iC4 (Iso butane)	0,00592	0,01304
nC4 (n-butane)	0,00864	0,0144
iC5 (Iso-pentane)	0,00446	0,00596
nC5 (n-pentane)	0,00291	0,0049
nC6 (Hexane)	0,00466	0,00811
nC7 (Heptane)	0,00087	0,00197
nC8 (Octane)	0,00068	0,00173
nC9 (Nonane)	0,00049	0,00087
nC10 (Décane)	0,00039	0,00075
nC11 (Undecane)	0,00107	0,00073

H2O (Eau)	0,02955	0,0299
N2 (Azote)	0,00883	0,08241
CO2 (dioxyde de carbone)	0,00369	0,00174
TOTAL	1	1

Tableau III-7 : La composition typique des puits de Hassi Touareg et Gassi-Touil

III -4-2-Comparaison entre les valeurs de design et celle de la simulation sous HYSYS

Dans le but de vérifier la fiabilité du simulateur HYSYS, on va présenter dans ce qui suit, une comparaison entre les valeurs de désigne et celle de la simulation pour le premier train de l'unité G05, qui se présente comme étant un ensemble d'équipement en marche, constitue d'un compresseur (Booster) et d'un aerorefregerant.

Dans cette étude on s'est intéresse à la simulation sous HYSYS du premier train de l'unité Boosting.

La même chose sera appliquée pour le deuxième train, sauf que le premier étage du compresseur est à l'arrêt.

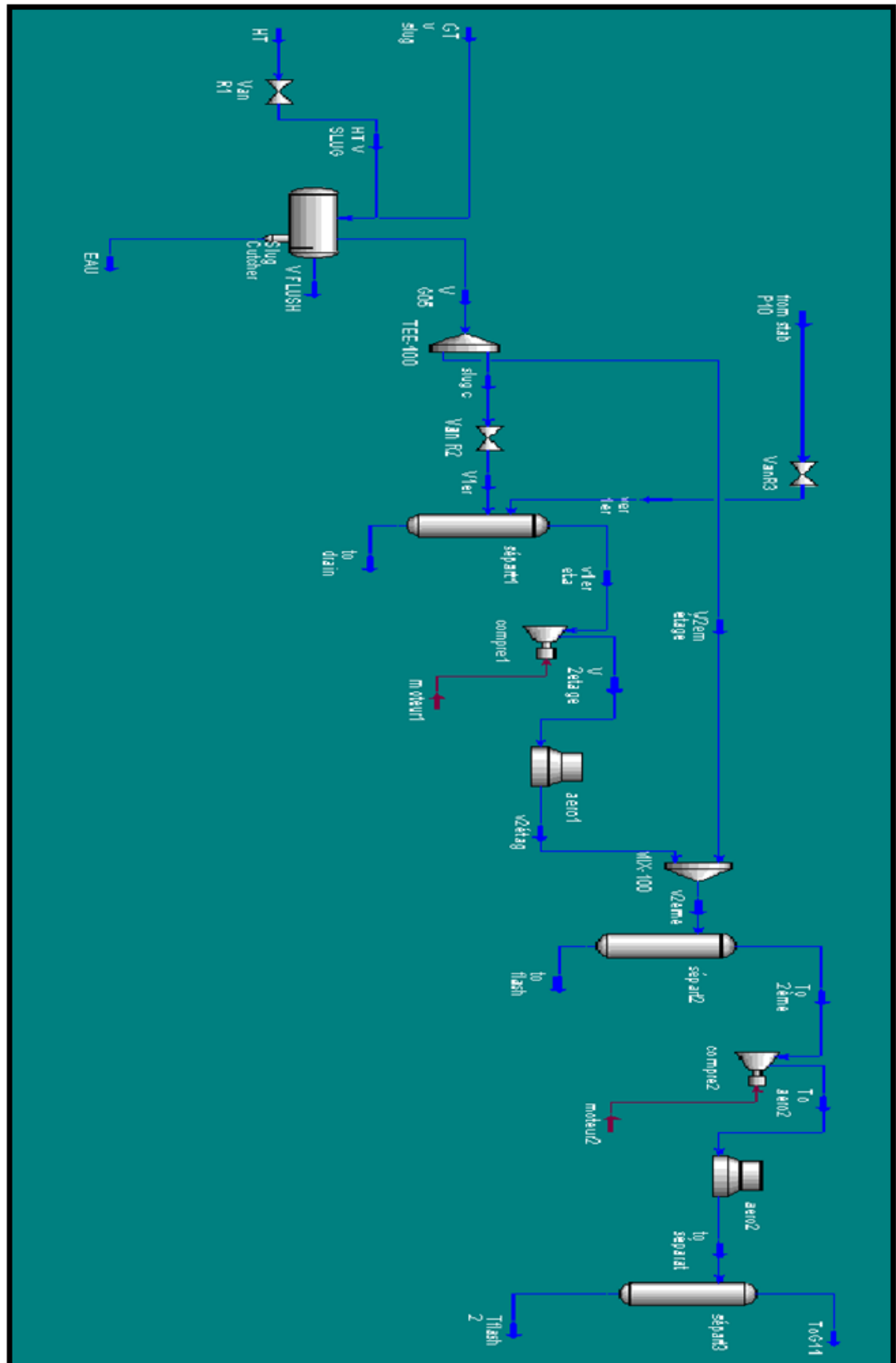


Figure III.13 : Vu générale de PFD du premier train de l'unité Boosting (G05) sous HYSYS

Premier étage

a. Compresseur :

Caractéristiques	Design	Design simulé	Ecart d'erreur %
Température entrée °C	47,1	45,8	0,650759219
Température sortie °C	113,8	115,1	1,142355009
Pression entrée (bar)	12,4	12,4	0
Pression sortie (bar)	27,3	27,3	0
Débit molaire (kmol/h)	3607	3612,2	0,699136803
Débit massique (kg/h)	36711	36711	0
Quantité d'énergie (kJ/h)	10008000	10014000	0,039968026
Puissance (MW)	2,78	2,80	0,675675676

Tableau III-8 : Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (Compresseur 1^{er} étage).

b. Aerorefregerant :

Caractéristiques	Design	Design simulé	Ecart d'erreur %
Température entrée °C	113,5	115,106	1,414977974
Température sortie °C	60	60	0
Pression entrée (bar)	27,3	27,3	0
Pression sortie (bar)	27,2	27,1	0,367647059
Débit molaire (kmol/h)	3607	3607	0
Débit massique (kg/h)	36711	36711	0
Quantité d'énergie (kJ/h)	-9464000	-9462000	0,0211327
Puissance (4aerorefregerants) (KW)	66,4	66,87	0,707831325

Tableau III-9 : Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (aerorefregerant 1^{er} étage).

Deuxième étage

a. Compresseur :

Caractéristiques	Design	Design simulé	Ecart d'erreur %
Température entrée °C	60	59,2	1,333333333
Température sortie °C	149.1	148.3	0,536552649
Pression entrée (bar)	27	27,3	1,111111111
Pression sortie (bar)	71,1	70	1,547116737
Débit molaire (kmol/h)	6986	6986	0
Débit massique (kg/h)	73422	73422	0
Quantité d'énergie (kJ/h)	12150000	12114000	0,29629629
Puissance (MW)	3,375	3,365	0,869565

Tableau III-10 : Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (compresseur 2^{eme} étage).

b. Aerorefrigerant :

Caractéristiques	Design	Design simulé	Ecart d'erreur %
Température entrée °C	149.1	148.3	0,536552649
Température sortie °C	60	60	0
Pression entrée (bar)	71,1	70	1,547116737
Pression sortie (bar)	71,1	69,8	1,828410689
Débit molaire (kmol/h)	6989	6989	0
Débit massique (kg/h)	73422	73422	0
Quantité d'énergie (kj/h)	-15409000,14	-15408000,6	0,0034
Puissance (4 aerorefrigerants) (KW)	90	91	1,1111111

Tableau III-11 : Ecart d'erreur entre les valeurs de design et celle de la simulation (aerorefrigerant 2^{ème} étage).

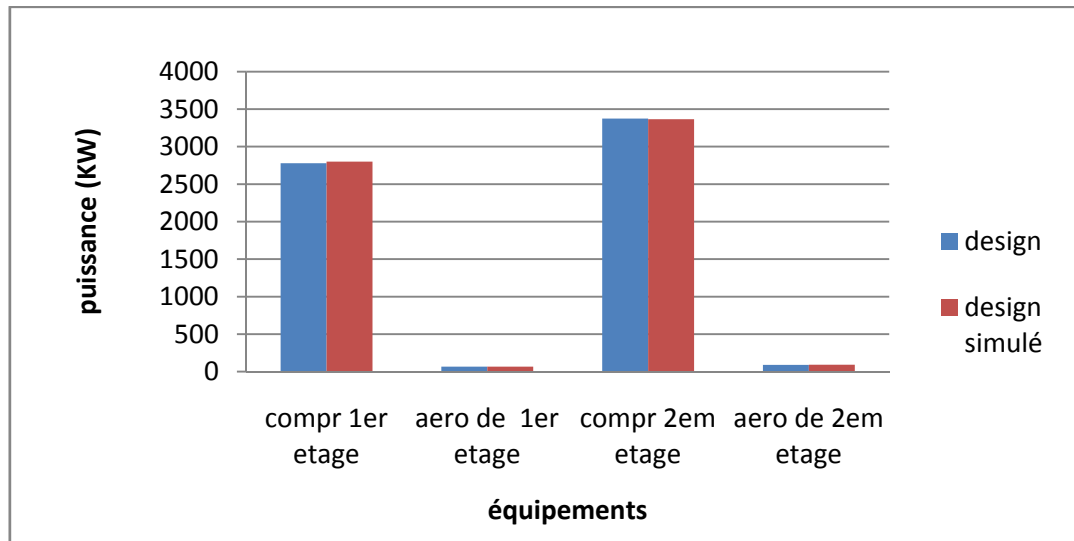


Figure III-14 : Comparaison de la puissance des équipements pour le cas design et simulation.

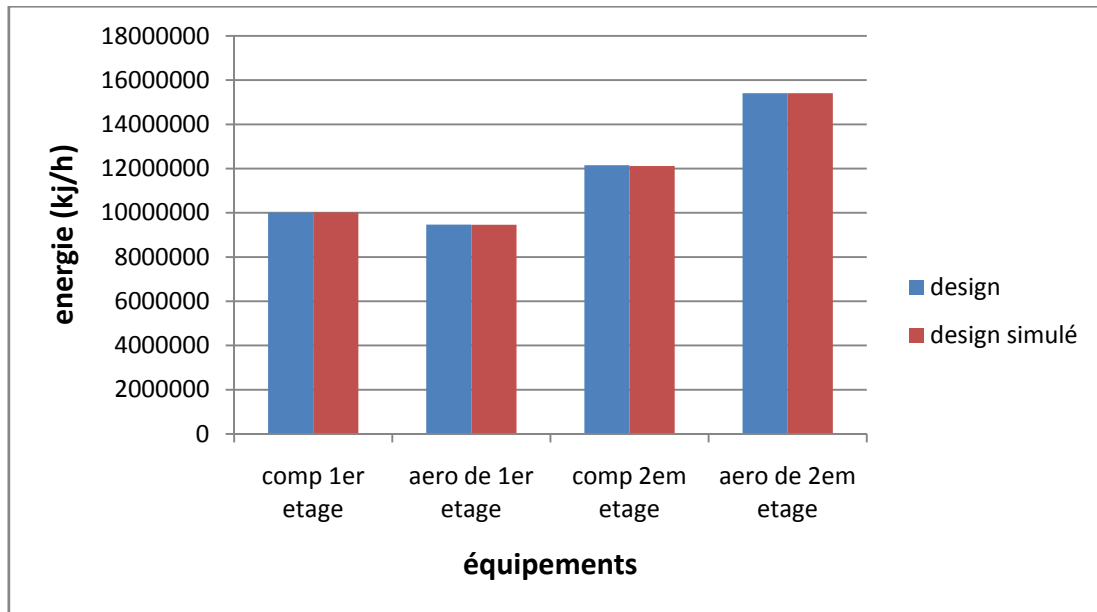


Figure III-15 : Comparaison de l'énergie des équipements pour le cas design et simulation.

Interprétations des résultats

La comparaison entre les valeurs de design et celles de la simulation (résultats obtenus avec HYSYS), montre une légère différence entre les deux cas, ce qui démontre la fiabilité de HYSYS.

La comparaison entre les puissances des équipements (compresseur et aerorefrigerant) de l'unité Boosting (G05), nous a permis d'identifier les compresseurs (1^{er} et 2^{eme} étages) comme étant des sources à forte consommation d'énergie et à grande émission de dioxyde de carbone.

III -4-3- analyse des performances énergétiques

Après avoir vérifié la fiabilité du logiciel HYSYS et identifier les organes à forte consommation d'énergie, on va procéder dans ce qui suit à une comparaison entre les valeurs de design et les valeurs actuelles dans le but d'analyser les performances énergétiques (la puissance consommée et la quantité d'énergie échangée) de l'unité Boosting après une année de mise en fonctionnement de l'usine.

Premier étage

a. Compresseurs :

Caractéristiques	Design	Actuel	Ecart de performance%
Température entrée °C	47,1	28,71	39,044586
Température sortie °C	113,8	95,7	15,905097
Pression entrée (bar)	12,4	9,2	25,80645161
Pression sortie (bar)	27,3	25,6	6,227106227
Débit massique (kg/h)	36711	37934	3,331426548
Quantité d'énergie (kJ/h)	10008000	10476000	4,676258993
Puissance (MW)	2,78	2,91	4,676258993

Tableau III-12 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (Compresseur 1^{er} étage).

b. Aerorefregerant :

Caractéristiques	Design	Actuel	Ecart de performance%
Température entrée °C	113,8	95,7	15,905097
Température sortie	60	39,63	33,95
Pression entrée (bar)	27,3	25,6	6,227106227
Pression sortie (bar)	27,2	25,62	5,808823529
Débit massique (kg/h)	36711	37934	3,331426548
Quantité d'énergie (kJ/h)	-9464000	-11234000,88	18,71174979
Puissance de 4 aero (KW)	66,4	67,2	1,208181818

Tableau III-13 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (Aerorefregerant 1^{er} étage).

Deuxième étage

a. Compresseur :

Caractéristiques	Design	Actuel	Ecart de performance%
Température entrée °C	60	38,84	35,266667
Température sortie °C	146	130,5	10,616438
Pression entrée (bar)	27	23,41	13,2962963
Pression sortie (bar)	71,1	70,83	0,379746835
Débit massique (kg/h)	73422	75868	3,331426548
Quantité d'énergie (kJ/h)	12150000	12348000	1,62962962
Puissance (MW)	3,375	3,43	1,02834448

Tableau III-14 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (Compresseur 2^{ème} étage).

b. Aerorefregerant :

Caractéristiques	Design	Actuel	Ecart de performance%
Température entrée °C	146	130,5	14,7260274
Température sortie °C	60	50,6	24
Pression entrée (bar)	71,1	69,83	1,786216596
Pression sortie (bar)	71,1	69,5	2,250351617
Débit massique (kg/h)	73422	75822	3,331426548
Quantité d'énergie (kj/h)	-15409000,14	-1444300,54	6,266425555
puissance de 4aero (KW)	90	80,59	10,45555556

Tableau III-15 : Ecart de performance entre les valeurs de design et les valeurs actuelles (Aerorefregerant 2^{ème} étage).

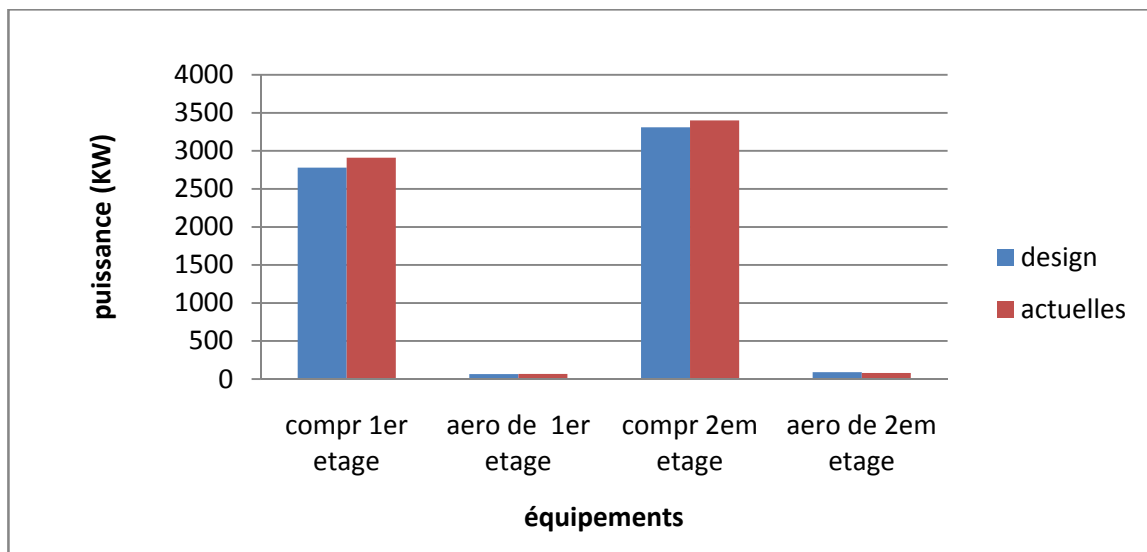


Figure III-16 : Puissance des équipements de l'unité Boosting pour le cas actuel et design

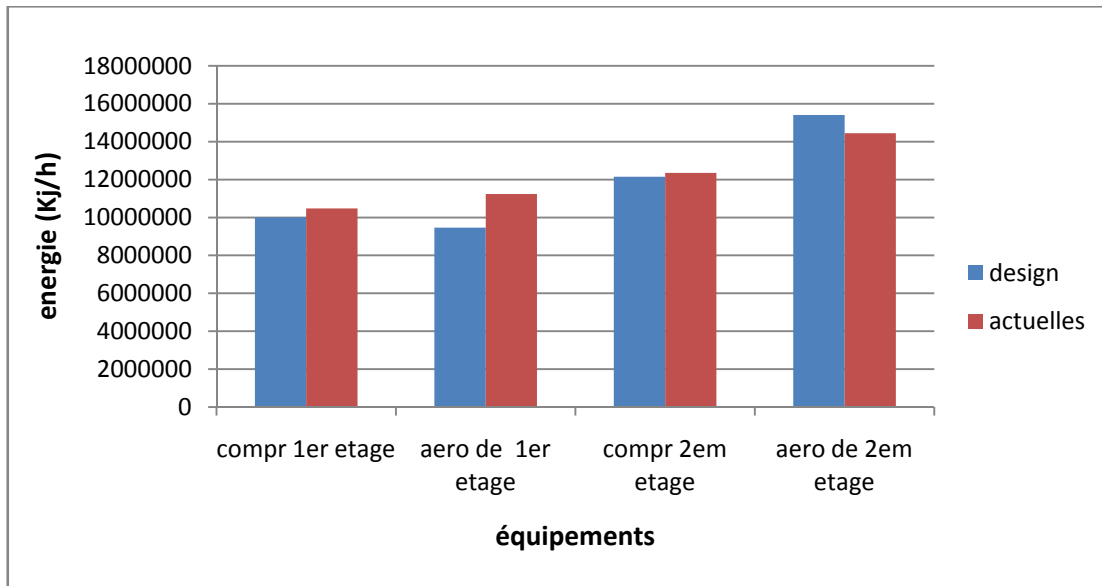


Figure III-17 : Consommation et rejet d'énergie des différents équipements de l'unité Boosting pour le cas actuel et design.

Interprétation des résultats

Les résultats obtenus dans la figure III-16, montrent que la quantité actuelle de la puissance consomme est supérieure à la quantité de design. La même remarque est observée dans la Figure III-17. La quantité d'énergie fournie pour les deux compresseurs dans le cas actuel est supérieure à la quantité de design. Idem pour la quantité de chaleur dégager par les aerorefrigerants de premier étage. Cela est due à la déférence d'écart de pression et de température des deux cas, design et actuel, en raison notamment de l'augmentation de débit d'entrer et la température ambiante.

Il est à signaler que pour l'aero du deuxième étage, le cas design est supérieur à la quantité actuelle ce qui est due probablement à l'écart de température entre l'entrée et la sortie de l'élément.

III -4-4-Conclusion

D'après cette étude des conclusions partielles peuvent être tiré :

- La quantité d'énergie et la puissance dans le cas actuel est supérieur à celle obtenu dans le cas design.
- Pour les aerorefrigerants, la quantité d'énergie rejetée, dépend de l'écart de température entre l'entrée et la sortie, tandis que pour le compresseur la puissance est influence par l'écart de pression.
- La déférence entre les valeurs de design et actuel est causée par la température ambiante et l'augmentation du débit d'entrée ce qui fait augmenter la quantité d'énergie consommée et dégagée.

- L'augmentation de la quantité d'énergie fournie pour les compresseurs implique une forte consommation de l'énergie électrique cela se répercute sur le coût d'exploitation.
- L'augmentation de la quantité de chaleur dégagée par les aerorefrigerants de premier étage implique une hausse d'énergie électrique consommée donc une perte d'énergie.
- Dans le but d'assurer le débit de production stable avec des caractéristiques idéales il faut augmenter le débit d'entrée même si cela peut causer la variation des paramètres de fonctionnement des équipements de l'unité.

CHAPITRE IV

Amélioration des performances environnementales du site de traitement du gaz

IV -1-Introduction :

Dans le chapitre précédent on a évalué la quantité mensuelle de carbone rejeté sur le site de traitement du gaz de Gassi-Touil, l'analyse des résultats nous a permis de conclure que parmi les sources émettrices de gaz à effet de serre sur le site, le torchage de gaz reste l'une des principales causes. On va s'intéresser dans ce qui suit à la réduction de l'empreinte carbone sur le CPF. En étudiant trois points essentiels.

En premier lieu, on va définir le torchage, ces fonctions ainsi que les différents systèmes de torche existant dans le centre de traitement du Gaz.

Puis dans le but d'identifier la cause du surtorchage de gaz sec de la torche HP « common flare », par rapport à la normale, on va procéder à une simulation sous le logiciel HYSYS du débit massique entrant et sortant à différents points de l'unité d'expéditions des Gaz sec (G50).

A la fin, Une étude économique sera faite pour évaluer le coût de la solution proposée. Et les gains économiques et environnementaux pour SONATRACH.

IV-1-1-Définition du torchage :

La fonction torche est d'abord et avant tout une fonction de sécurité. Le système torche assure la protection des équipements contre les montées en pression risquant de les faire exploser. Par ailleurs, le système torche permet de récupérer les gaz « fatals » et de les rejeter à l'atmosphère [8] [9] [13] [15].

Un système de torches est composé d'un ensemble d'organe de dépressurisation (soupapes de sécurité, disques de ruptures, vannes de décompression BDV, vannes automatiques de contrôle de la pression).

- ✓ Un réseau de collecte principal et un ou des collecteurs secondaires.
- ✓ Un ballon séparateur des différentes phases (eau, hydrocarbures liquides et gazeux) localisé au pied de la torche.
- ✓ Un dispositif d'étanchéité pour prévenir toute entrée d'air dans le système (gaz de purge, garde hydraulique).
- ✓ Un fut de torche au sommet duquel est placé un nez de torche.
- ✓ Dans le cas d'une torche allumée Un réseau de gaz pilote est installé pour alimenter en permanence les pilotes placés à proximité du nez de torche.

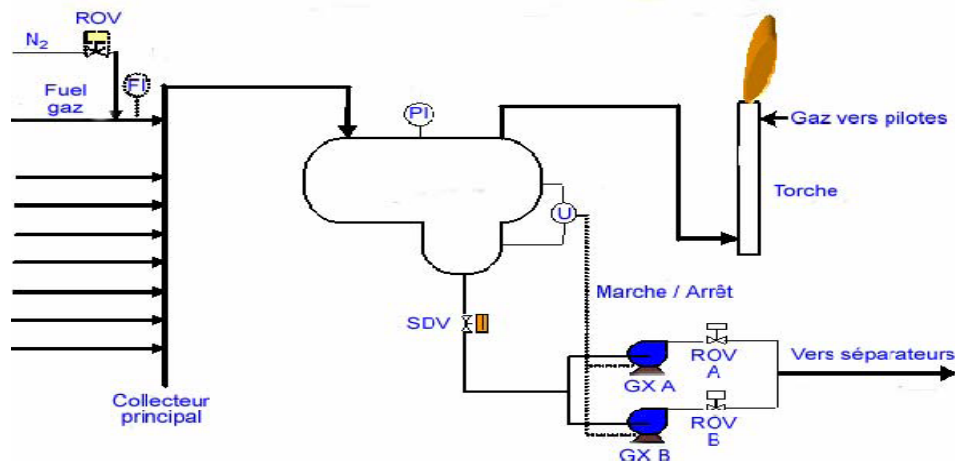


Figure IV-1 : Système torche.

Les fonctions du système torche sont :

- ✓ De collecter en sécurité tous les rejets gaz du procédé pour maintenir les équipements dans les limites de leur pression de fonctionnement en cas de dépressurisation, ou d'ouverture de soupapes.
- ✓ De séparer le gaz et les condensats dans des scrubbers.
- ✓ D'envoyer le gaz à la torche pour être brûlé.

IV-1-2-Le fonctionnement des torches

Chaque ballon, colonne ou capacité fonctionnant sous pression d'hydrocarbures sont reliés au réseau de torche au moyen d'une ou plusieurs soupapes et /ou diverses vannes de régulation de pression PCV et vannes de décompression BDV.

En marche normale de l'installation la quantité de gaz envoyée à la torche est minimale et ne représente que la fraction incondensable des hydrocarbures traités avec une fraction du Fuel-Gaz pour assurer un débit régulier.

Une injection de gaz de balayage ou gaz de purge est pratiquée en permanence pour maintenir un débit de sécurité à la torche en maintenant la flamme des brûleurs allumée et ainsi empêcher l'air de revenir. En cas de dysfonctionnement d'une partie de l'installation principalement une montée en pression dans une capacité la vanne régulatrice de pression s'ouvre pour envoyer plus de gaz vers la torche.

Si la montée en pression est trop rapide et / ou incontrôlée la ou les soupapes de sécurité de l'équipement s'ouvrent pour protéger la capacité. En cas d'incident plus grave ou d'arrêt d'urgence de l'installation le système de sécurité déclenche l'ouverture des vannes de décompression (BDV).

Le système de torche est donc un système prioritaire sur une installation de traitement d'hydrocarbures car il assure la protection des équipements contre les montées en pression risquant de les faire exploser.

Pour assurer en permanence le bon fonctionnement du système de torche un certain nombre d'organes de contrôle et de sécurités sont installés :

- ✓ Un réseau de gaz de balayage des collecteurs de torche pour éviter l'introduction d'air à l'intérieur du fut de torche.
- ✓ Un réseau de gaz pilote qui maintient une flamme au nez de torche dans le cas des torches allumées en permanence.
- ✓ Deux ou plusieurs pilotes selon le diamètre de l'installation.
- ✓ Un système d'allumage à distance des pilotes.
- ✓ De plus en plus d'installations disposent de caméras de surveillance pour contrôler la présence et l'état de la flamme.

Le nombre de torches dépend du schéma de procédé ainsi que des caractéristiques des produits mis en œuvre.

Parmi les principaux critères on peut citer :

- ✓ Les différents niveaux de pression qui pourraient conduire à une excessive contre pression dans les collecteurs.
- ✓ On doit éviter de collecter les produits à haute pression dans un système pouvant recevoir des produits à basse pression en même temps.
- ✓ La nature des produits mis en œuvre. On doit éviter de mélanger les produits humides ainsi que les produits secs hors spécification avec les produits froids pour éviter la formation de glace et/ou d'hydrates qui bloqueraient le système de torche.
- ✓ Les opérations de maintenance et la philosophie de conduite peuvent imposer d'avoir toujours une torche en service et ainsi donc de doubler le système de torche.

IV-1-3-A- La zone de torchage :

Des torches et un bournier seront associés à l'usine CPF : Une torche froide sèche, Une torche commune, Une torche basse pression, Un bournier (burn pit).

Ces systèmes de torchage seront dimensionnés pour le cas d'émission de gaz maximale et suivront les spécifications des standards API RP-520/521 (American Petroleum Institute). Les torches verticales seront de type subsonique.

A-1- Torche Froide Sèche

La torche froide se composera d'un collecteur, d'un séparateur muni d'un réchauffeur et d'une torche de brûlage verticale. Ce système traitera les vapeurs sèches et froides à des températures susceptibles d'être inférieure à -46°C à la pression atmosphérique. Le séparateur et le réchauffeur sépareront les liquides des vapeurs et le réchauffeur permettra la vaporisation des liquides ainsi obtenus et de réguler le niveau dans le séparateur.

A-2- Torche Commune « Common Flare »

La torche commune se composera également d'un collecteur, d'un séparateur associé à un réchauffeur et d'une torche de brûlage verticale. Ce système prendra en charge les vapeurs humides et les reliquats du système de torche froide sèche. Le séparateur et le réchauffeur sépareront les liquides et le réchauffeur maintiendra la température du séparateur au-dessus de 0°C pour éviter la formation de gel.

Les liquides seront envoyés au réservoir de condensat hors spécifications après un passage dans une colonne de dégazage ou seront envoyés au bournier par le système de gestion de niveau.

A-3- Torche Basse Pression

La torche basse pression se composera d'un collecteur et d'une torche de brûlage verticale. Elle prendra en charge les vapeurs à basse pression issues du réservoir de condensats hors spécifications.

IV-2-Unité d'expédition des gaz sec (G50)

Cette unité consiste en deux trains de procédé identiques (Compresseur de gaz résiduel entraîné par une turbine à gaz : 2 x 50%). Il est à noter que, pour simplifier, le train A est utilisé comme référence sauf spécification contraire.

Pendant le traitement du gaz, la pression est réduite pour atteindre les objectifs des produits, et donc, pour expédier le produit de gaz résiduel, la pression doit être augmentée pour permettre le transfert du gaz.

Le compresseur de gaz résiduel (G50) est du type centrifuge. Dans les conditions normales, les deux trains du procédé seront en fonctionnement. La tuyauterie est disposée de manière à ce que, en cas de fonctionnement d'un seul train, l'un ou l'autre des compresseurs puisse être utilisé.

Le compresseur est entraîné par la turbine à gaz du compresseur de gaz résiduel (G50). Le gaz combustible HP provenant du système de gaz combustible (410) est utilisé pour entraîner la turbine. Le gaz d'échappement de la turbine est utilisé dans le système d'huile chaude (480). Le gaz entre dans l'épurateur d'aspiration des compresseurs de gaz résiduel où tout liquide restant est Séparé. Après la phase de compression (jusqu'à environ 70 barg), le gaz est refroidi.

Il faut s'assurer que la température est inférieure à la température maximale du gaz d'expédition en aval du refroidisseur de gaz résiduel.

Pour la sécurité des équipements et pour éviter tout surpression des gaz qui risquent de les faire exploser, l'unité G50 est reliée par un collecteur à la torche HP « common Flare ». mais lors de nos visites quotidiennes du centre de traitement, on a découvert que la torche HP était en permanence en surtorchage par rapport aux deux autres torches « LP et torche froide », ce qui provoque le rejet d'une quantité importante de gaz à effet de serre et une perte quotidienne pour l'usine, puisque le gaz sec est brûlé à l'air libre contribue encore plus à l'augmentation de la facture CO₂ payée chaque année par l'usine.

On s'est donc rapproché du service concerné pour savoir les causes de ce surtorchage, ils nous ont orienté vers l'unité G50 qui en est d'après eux la cause.

On va présenter dans ce qui suit une simulation sous le logiciel HYSYS, du débit entrant et sortant à différents points de l'unité G50, puis dans le but d'identifier l'organe de l'unité qui en est la cause, on va comparer les valeurs obtenues avec la simulation à celles du débit actuel [4].

IV-2-A- Composition du Gaz sec :

fraction molaire	G50
C1	0,8797
C2	0,0818
C3	0,0063
iC4	0,0001
nC4	0
iC5	0
nC5	0
nC6	0
nC7	0
nC8	0
nC9	0
nC10	0
nC11	0
H2O	0
N2	0,0225
CO2	0,0096
TOTAL	1

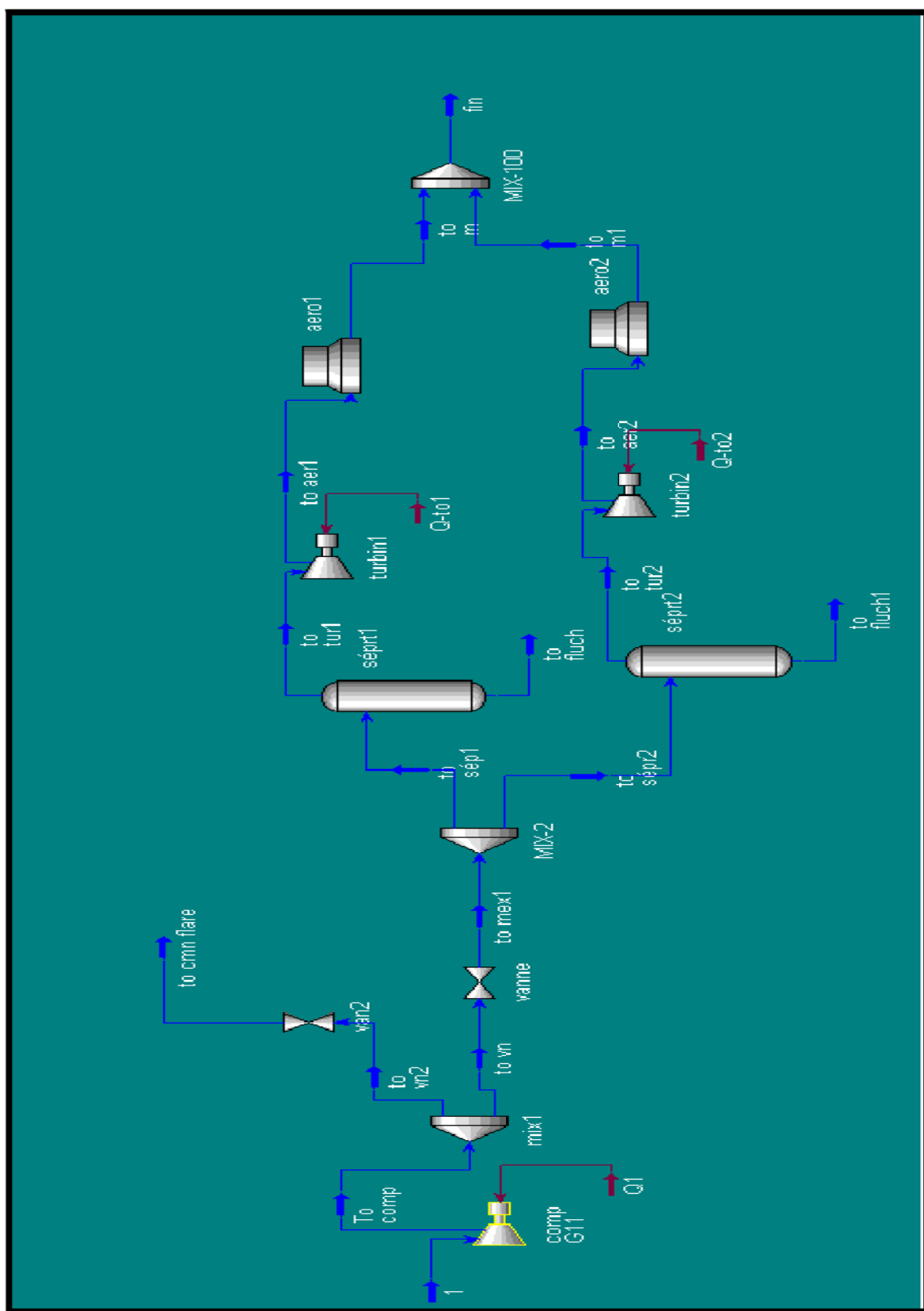


Figure IV-2: Vu générale de PFD de l'unité G50 sous HYSYS

Après avoir fait la simulation sous HYSYS on va prélever les résultats à trois points essentiels : l'entrée de l'unité G50, la sortie de l'unité G50 et la vanne « PV 2008 » qui donne vers la torche « Common Flare ».

A-1- Entrée de l'unité G50 :

Caractéristique	Design simulé	Actuel	Ecart d'erreur %
Température entrée (°C)	74	56,1	24,18918919
Pression entrée (bar)	34	33,5	1,470588235
Débit massique (kg/h)	351 113	420110,663	19,65112741

Tableau IV-1 : Ecart des caractéristiques à l'entrée de l'unité G50 entre les valeurs de design Simulé et les valeurs actuelles.

Interprétation :

la pression d'entrée de design obtenu avec la simulation ne défaire pas trop de la pression actuelle, tandis que le débit actuel est supérieur au débit de design, ce qui montre l'échappement du gaz sec à travers un équipement de l'unité G50, et dans le but d'assurer le débit de production les ingénieurs ont augmentée le débit d'entrée.

A-2- La vanne« PV 2008 » qui donne vers la torche « Common Flare » :

Caractéristique	Design simulé	Actuel	Ecart d'erreur
Température entrée (°C)	74	56,1	24,18918919
Température sortie (°C)	0	46	/
Pression entrée (bar)	34	33,5	1,470588235
Pression sortie (bar)	0	1	/
Débit massique (kg/h)	0	6819,624	/

Tableau IV-2 : Ecart des caractéristiques de la vanne (PV 2008) entre les valeurs de design Simulé et les valeurs actuelles.

Interprétation :

A la sortie de la vanne et pour le cas design simule, la pression et la température sont nulles, cela revient au faite que la vanne qui donne vers la torche « Common Flare » doit être fermer. Il en est de même pour le débit qui est nul dans le cas design simulé, tandis qu'a l'état actuel il représente 6819,624 kg/h, ce qui explique la quantité importante de gaz sec brûlé quotidiennement dans la torche « Common Flare ».

A-3- Sortie de l'unité G50 :

Caractéristique	Design simule	actuelles	Ecart d'erreur %
Température sortie (°C)	60	43	28,33333333
Pression sortie (bar)	71	70	1,408450704
Débit massique (kg/h)	351118	413291,039	17,70716369

Tableau IV-3 : Ecart des caractéristiques à la sortie de l'unité G50 entre les valeurs de design Simulé et les valeurs actuelles.

Interprétation :

On observe une déviance négligeable de la pression de sortie entre les deux cas : actuel et design simulé. Le débit actuel est supérieur au débit du design simulé, ce qui s'explique par la perte d'un débit de 6819,264 kg/h à travers la vanne « PV 2008 » qui donne vers la torche « Common Flare » et dans le but de compenser cette perte et d'assurer le débit de production nécessaire, on a augmenté le débit à 420110,663 kg/h au lieu de 351118 kg/h.

IV-2-B- Comparaison des différents débits massique :

débit massique (kg/h)	Design simule	Actuel
l'entrée G50	351118	420110,663
la vanne vers torche	0	6819,624
la sortie G50	351118	413291,039

Tableau IV-4 : Ecart de débit entre les valeurs de design simulé et les valeurs actuelles

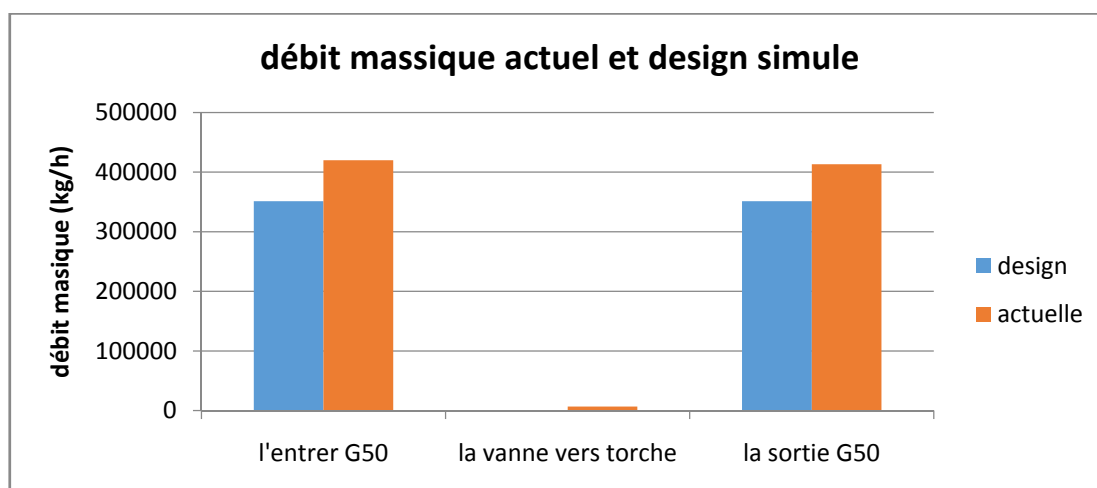


Figure IV-3 : Débit massique entre les valeurs design et les valeurs actuelles.

Interprétation :

Dans le cas design simulé, le débit à l'entrée et à la sortie de l'unité G50 est identique, cela s'explique par le fait qu'il y a aucune perte de débit à travers la vanne 2008 qui est fermée dans le cas idéal (design simulé).

A l'état actuel, le débit à la sortie de l'unité G50 est inférieur au débit à l'entrée de l'unité G50, ce qui s'explique par la perte d'une quantité du débit massique qui vaut 6819,624 kg/h à travers la vanne « PV 2008 », ce débit massique perdu est brûlé dans la torche HP « Common Flare ».

IV-3- Gains environnementaux

L'amélioration des performances environnementales du centre de traitement du Gaz de Gassi-Touil, passe par la réduction du torchage. L'analyse des résultats obtenus précédemment ont montré qu'un débit de 6819,624 kg/h est perdu quotidiennement à travers la torche HP « Common Flare ».

On va présenter dans ce qui suit un aperçu sur la vanne « PV 2008 » suivi d'une comparaison entre la quantité de carbone rejeté avant et après la réparation de la vanne.

IV-3-1- Aperçu sur la vanne « PV 2008 » :

La vanne « PV 2008 » est une vanne de sécurité qui relie les équipements de l'unité d'expéditions des Gaz secs G50 à la torche HP « Common Flare ».

Cette vanne s'ouvre si il y a présence d'une surpression dans l'un des équipements de l'unité, mais à cause d'un bout de fer qui s'est introduit à l'intérieur, cette vanne ne se renferme plus à 100 % ce qui laisse un débit de Gaz sec s'échapper à travers la vanne pour être brûlé dans la torche HP « Common Flare ».

Un premier diagnostic de l'entreprise japonaise charge du projet « JGC » à confirmer que le problème provient de la partie mécanique de la vanne [4].



Figure IV-4 : Parties de la vanne « PV 2008 » endommagées.

IV-3-2- Quantité de CO₂ rejeté avant la réparation de la vanne :

Torche	GAZ torché actuel (kg/h)	Quantité de CO ₂ (kg/h)
Cold Dry Flare	12913,25	38740
Common Flare	258228,58	710130
Low Pressure Flare	8203,66	25330
Burn Pit	385	1155
Total	279730,49	775355

Tableau IV-5 : Quantité de débit de gaz torché et de CO₂ rejeté.

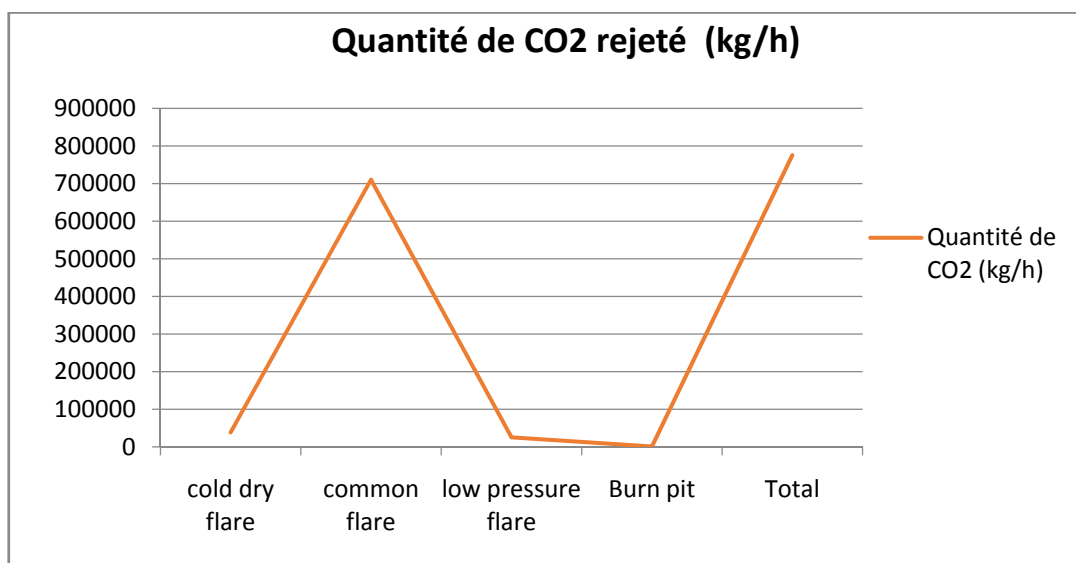


Figure VI-5 : Quantité de CO₂ rejeté dans les différentes torches.

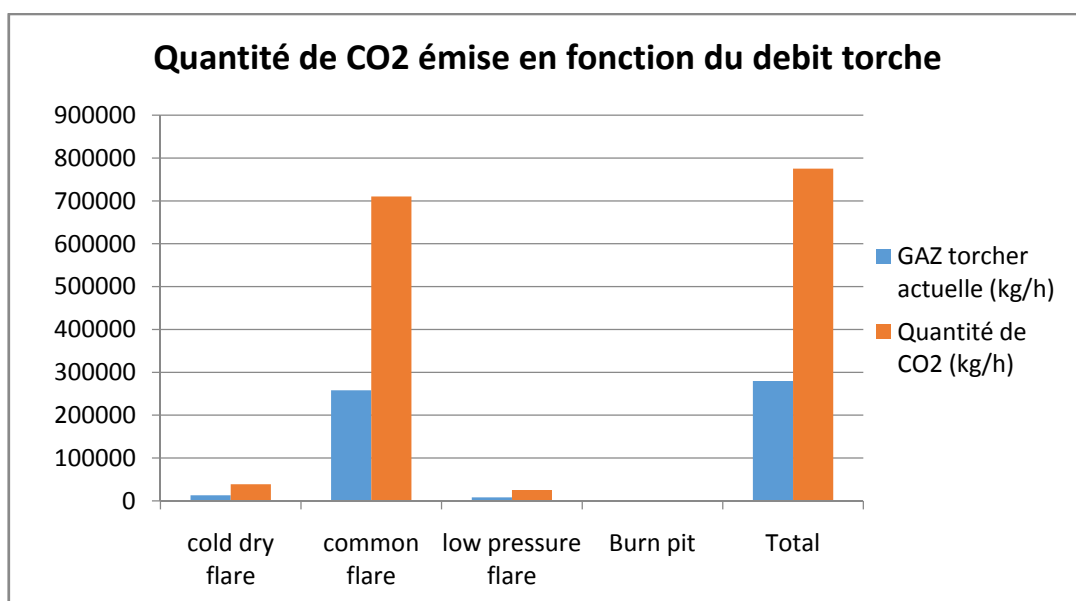


Figure IV-6 : La quantité de CO₂ émise en fonction du débit torche avant la réparation de la vanne.

Interprétation des résultats :

La quantité du dioxyde de carbone rejeté à cause des gaz brûlés dans la torche HP « Common Flare », représente presque la totalité des gaz brûlés sur le site de traitement du Gaz CPF.

Cette hausse du débit de Gaz torché, s'explique par le problème rencontré sur la vanne « PV 2008 », qui ne se renferme pas à 100% ce qui laisse un débit de gaz sec s'échapper pour être brûlé dans la torche HP « Common Flare ».

IV-3-3- Quantité de CO₂ rejeté après la réparation de la vanne :

Le tableau IV-6 montre la quantité de débit de gaz torche et de CO₂ rejeté, la figure IV-7 représente la quantité de CO₂ rejeté dans les différentes torches et sur la figure IV-8 est représenté la quantité de CO₂ émise en fonction du débit torché après la réparation de la vanne.

Torche	GAZ torché actuel (kg/h)	Quantité de CO ₂ (kg/h)
Cold Dry Flare	12913,25	38740
Common Flare	12313,03	33860
Low Pressure Flare	8203,66	25330
Burn Pit	385	1155

Tableau IV-6 : La quantité de débit de gaz torche et de CO₂ rejeté.

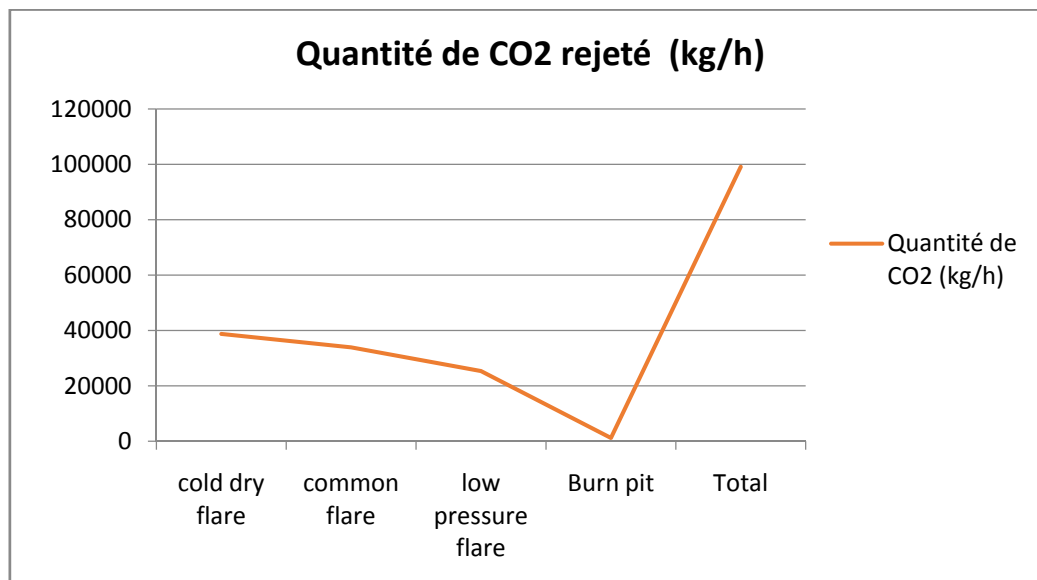


Figure IV-7 : Quantité de CO₂ rejeté dans les différentes torches.

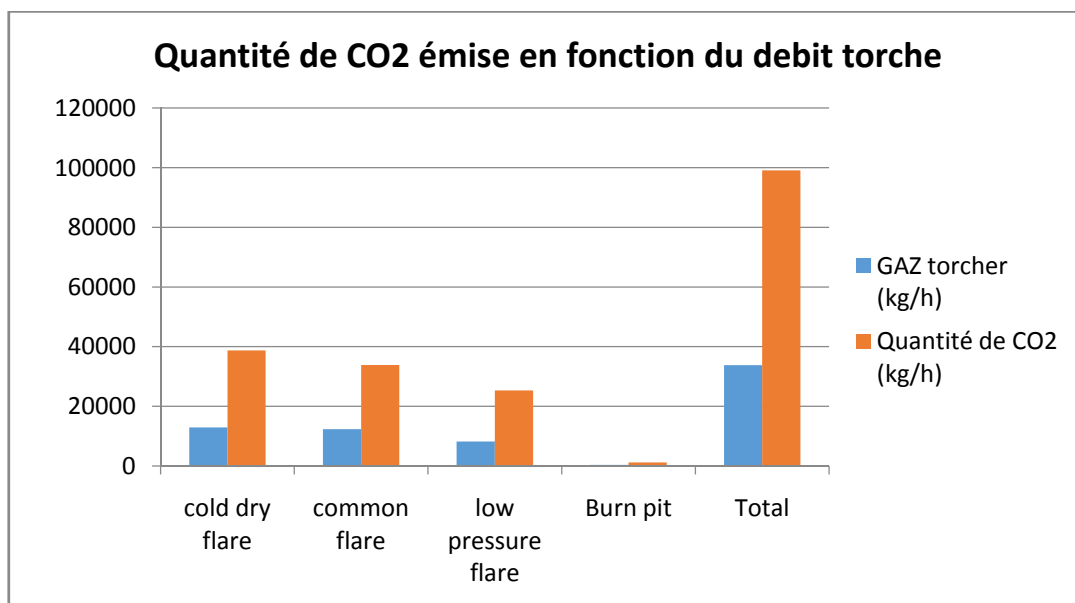


Figure IV-8 : La quantité de CO₂ émise en fonction du débit torché après la réparation de la vanne.

Interprétation des résultats

Après la réparation de la vanne, la quantité de gaz torché dans la torche HP « Common Flare » a énormément diminué pour passer de 258228,58 kg/h à 12313,03 kg/h, dans ce cas la vanne « PV 2008 » est fermée à 100%, aucune perte de débit du gaz sec vers la torche HP « Common Flare » n'est signalée.

Le débit du gaz torché dans les quatre torches qui constitue le système de torchage est à son niveau normal, assurer un débit de gaz sec pour juste maintenir la flamme.

IV-4- Gains économiques

Dans le but d'évaluer le coût de la réparation de la vanne « PV 2008 » ainsi que la rentabilité que peut engendrer l'application de la solution proposée, on s'est rapproché du responsable achat de l'entreprise japonaise « JGC » qui nous a communiqué le prix de la vanne.

Equipement	Quantité	Prix en Dollars
Vanne « PV 2008 »	1	250 000

Et pour évaluer la perte économique causée par la fuite quotidienne d'un débit de gaz sec à travers la vanne « PV 2008 ». Le chargé du service exploitation nous a fourni les données suivantes :

Débit du gaz sec qui traverse la vanne « PV 2008 » en Sm ³ /jour	Prix de 1 MMBTU de gaz sec produit à Gassi-Touil en Dollars
8000	7

Et sachant que 1 Milliard Sm³ de gaz sec = 35687347,874265 MMBTU, à partir des données précédentes on trouve :

$$8000 \text{ Sm}^3 = 285,49 \text{ MMBTU}$$

Avec : 1 MMBTU = 7 Dollars

$$285,49 \text{ MMBTU} = 1998,5 \text{ Dollars}$$

La vanne « PV 2008 » endommagé représente une perte de 1998,5 Dollars/jour pour l'usine.

$$\frac{250000}{1998,5} = 125,09$$

Le prix de la réparation de la vanne peut être récupérer après 125 jours de marche normale de l'usine.

Après une année l'usine va récupérer près de 731451 Dollars, qui peuvent être investit dans l'amélioration des performances de production de l'usine.

Conclusion :

En fusant une simulation sous le logiciel HYSYS de l'unité d'expédition des gaz sec (G50), on a identifié la vanne « PV 2008 » comme étant la cause principale du surtorchage de la torche « common flare », l'équivalent du gaz brule est estime a 2000 Dollar par jour et le prix de la réparation de cette vanne peut être récupérer en 4 mois de marche normale de l'usine. La mise en ouvre de cette solution permettra aussi a l'entreprise de réduire considérablement la taxe carbone qu'elle paye chaque année.

CHAPITRE V

Analyse de risques sous ALOHA

V-1- Présentation générale du code «ALOHA»

V-1-1- Introduction

Il existe de nombreux logiciels qui permettent de modéliser la dispersion dans l'atmosphère de divers produits chimiques, et d'estimer leurs concentrations à différentes distances de la source de rejet. Certains d'entre eux s'adressent plus particulièrement aux situations d'urgence. Nous avons choisi d'utiliser parmi ceux-ci le modèle ALOHA en raison de sa facilité d'utilisation et de la possibilité de contrôler plusieurs variables.

CAMEO – ALOHA (**A**real **L**ocations **O**f **H**azardous **A**tmosphères) est un logiciel de modélisation qui estime des zones de menace liées aux dégagements chimiques dangereux, y compris des nuages de gaz toxique, des Incendies et des explosions. Une zone de menace est un secteur où un risque (tel que la Toxicité, l'inflammabilité, le rayonnement thermique, ou la surpression préjudiciable) a dépassé un niveau personnalisé par l'utilisateur du souci (LOC). Il a été développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : (EPA) « Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response » et (NOAA), « National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration. »

Le logiciel est composé de trois modules :

- Module **CAMEO**, qui contient principalement des bases de données chimiques et toxicologiques.
- Module **ALOHA**, qui est un programme informatique permettant d'évaluer, dans des situations d'urgence, la dispersion atmosphérique, des composés rejetés dans des conditions accidentelles. Il prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants, et les caractéristiques du site telles que les conditions atmosphériques et les conditions de rejets. Ce module comprend une bibliothèque de 700 substances chimiques et permet un affichage graphique des résultats.
- Module **MARPLOT**, est un programme de cartographie électronique.

V-1-2- Caractéristiques clés du programme

- Génère une variété de scénarios de sortie spécifique, y compris la zone menacée, et définit la menace à des endroits précis, source et force graphiques.
- Calcul des taux de libération pour les produits chimiques échapper, des flaques d'eau (sur les terres et l'eau), et de gazoducs et de prédire comment ce taux évolue avec le temps.
- Libération de nombreux modèles de scénarios: des nuages de gaz toxiques, jet d'incendies, les explosions de nuages de vapeur, et de mettre en commun les incendies.
- Évalue les différents types de risque (selon le scénario de dégagement): toxicité, inflammabilité, le rayonnement thermique.
- Affiche la menace sur les zones MARPLOT cartes (carte géographique du site pétrolier).
- Fonctionne de façon transparente avec les programmes complémentaires et CAMEOMARPLOT, mais il peut aussi être utilisé comme un programme autonome.

V-1-3- Domaine de fonctionnement d'ALOHA et ses principales limitations

ALOHA utilise, suivant le type de polluant, deux modèles de dispersion atmosphérique.

- Un modèle gaussien pour les gaz neutres au niveau de la suspension dans l'atmosphère.
- Un modèle de gaz lourd, basé sur le modèle DEGADIS 2.1 (Spicer, Tom and Jerry Havens, 1989) qui a été simplifié par souci de rapidité de calcul.

ALOHA, permis donc de modélise la dispersion atmosphérique de gaz neutre, par un module basé sur l'approche gaussienne, et de gaz plus lourd que l'air au moyen d'un module de gaz dense. Il propose à l'utilisateur le choix entre les deux modules, pour définir lui-même le module. Plus précisément les critères du logiciel sont la taille du rejet et la température du nuage.

Toutefois ces principales limitations restent :

- La topographie et la présence d'obstacles ne sont pas prises en compte.
- L'élévation des gaz chaud ou légers n'est pas prise en compte.
- Certains phénomènes qui se situent au niveau du point de rejet, ou dans le champ proche, ne sont pas pris en compte, tel que les phénomènes de jets, par conséquent ALOHA n'affiche pas de résultats à des distances inférieures à 100m.
- Les rejets à partir de conduite liquide ne sont pas modélisés.
- ALOHA ne calcule pas la réactivité chimique, il avertit cependant l'utilisateur et décrit le type de réactions et les produits attendus.
- ALOHA ne modélise pas les mélanges gazeux.
- La réactivité chimique au sein d'un panache de fumées n'est pas modélisée.

V-1-4- Utilisations d'ALOHA

ALOHA est conçu pour donner des résultats assez rapidement pour être utiles aux intervenants, au cours d'une intervention en cas d'urgence chimique. Les utilisateurs d'ALOHA peuvent aider à évaluer rapidement l'ampleur d'un incident chimique, pour obtenir les informations sur les dangers qui guette l'unité.

ALOHA permet :

- De réduire les erreurs de saisie de données en vérifiant les valeurs d'entrée, et alerte si la valeur est peu probable ou pas physiquement possible.
- ALOHA offre également des valeurs par défaut lorsque cela est possible.
- ALOHA a sa propre bibliothèque chimiques avec des propriétés physiques, pour environ 1000 produits chimiques dangereux afin de ne pas avoir à entrer ces données.
- Utilise des calculs qui sont un compromis entre précision et vitesse.

En outre l'intervention d'urgence, ALOHA a la capacité de modélisation des risques et peut également être utilisé pour la planification, de formation et les objectifs académiques.

V-1-5- Mise en place du scénario sous ALOHA

La mise en place du scénario est très simple. Il suffit de suivre les étapes suivantes :

V-1-5-1- Lieu de l'accident : « location »

Il faut rentrer les informations relatives au lieu soit à travers la base de données existantes, soit en renseignant les coordonnées GPS du lieu.

V-1-5-2- Infrastructure : « building »

Les infrastructures ne concernent pas la zone de stockage du produit chimique, mais le type de bâtiment qui pourrait se trouver dans le nuage du polluant après l'accident. Avec cette option, ALOHA peut calculer le taux d'infiltration du polluant dans les bâtiments.

V-1-5-3- Choix du produit chimique : « chemical »

Cette étape permet de sélectionner le composé chimique souhaité.

V-1-5-4- Description des conditions météorologiques « atmospheric option »

Dans cette option, il faut remplir les champs suivants :

- Vitesse du vent.
- Direction du vent.
- Hauteur de mesure du vent.
- Rugosité du sol.
- Couverture nuageuse.
- Température de l'air.
- Inversion de température.
- Humidité.

Les fenêtres d'application dans lesquelles il faut remplir ses caractéristiques sont les suivantes :

Atmospheric Options

Wind Speed is : 5 ☐ knots ☒ mph ☐ meters/sec Help

Wind is from : S Enter degrees true or text (e.g. ESE)

Measurement Height above ground is: Help

☐ ☒ OR ☐ enter value : 10 ☐ feet ☒ meters

Ground Roughness is : Help

☒ Open Country ☐ Urban or Forest OR ☐ Input Roughness (Z₀) :

☐ Open Water

Select Cloud Cover : Help

☒ ☐ ☐ OR ☐ enter value : 3 (0 - 10)

complete cover partly cloudy clear

OK Cancel

Figure V-1 : Fenêtre d'application « atmospheric options »

Atmospheric Options 2

Air Temperature is : Degrees ☒ F ☐ C

Stability Class is : ☐ A ☐ B ☒ C ☐ D ☐ E ☐ F

Inversion Height Options are :

☒ No Inversion ☐ Inversion Present. Height is : ☒ feet ☐ meters

Select Humidity :

☒  ☐  ☐  ☐ OR ☐ enter value : %
(0 - 100)

Figure V-2 : Fenêtres d'application « atmospheric option 2 »

V-1-5-5- Description de la source : « source »

Cette option permet de définir la provenance du polluant. Nous choisissons l'option correspondant à notre cas comme le montre la figure suivante:

Tank Size and Orientation

Select tank type and orientation:

Horizontal cylinder ☒ Vertical cylinder ☐ Sphere ☐

Enter two of three values:

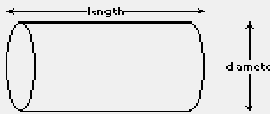
 diameter ☒ feet ☐ meters
length
volume ☒ gallons ☐ cu feet

Figure V-3 : Fenêtre d'application « Tank size and Orientation »

Puis nous cochons l'option qui correspond à la forme de notre cas et nous remplissons ses caractéristiques géométriques.

Il nous faut ensuite spécifier le contenant du réservoir puis la température de stockage. Ensuite, nous renseignons le volume occupé par le liquide dans le réservoir et enfin le type de fuite.

V-1-5-6- Calculs

Toutes les caractéristiques nécessaires à ALOHA sont alors renseignées.

L'utilisateur peut alors décider d'y appliquer un modèle gaussien, un modèle de gaz lourd ou laisser ALOHA décider.

Par la suite, il peut alors demander à ALOHA de tracer 3 types de menaces : la zone toxique, la zone potentielle d'inflammabilité ou la zone d'explosion selon les caractéristiques du polluant et l'on obtient le type de graphique suivant :

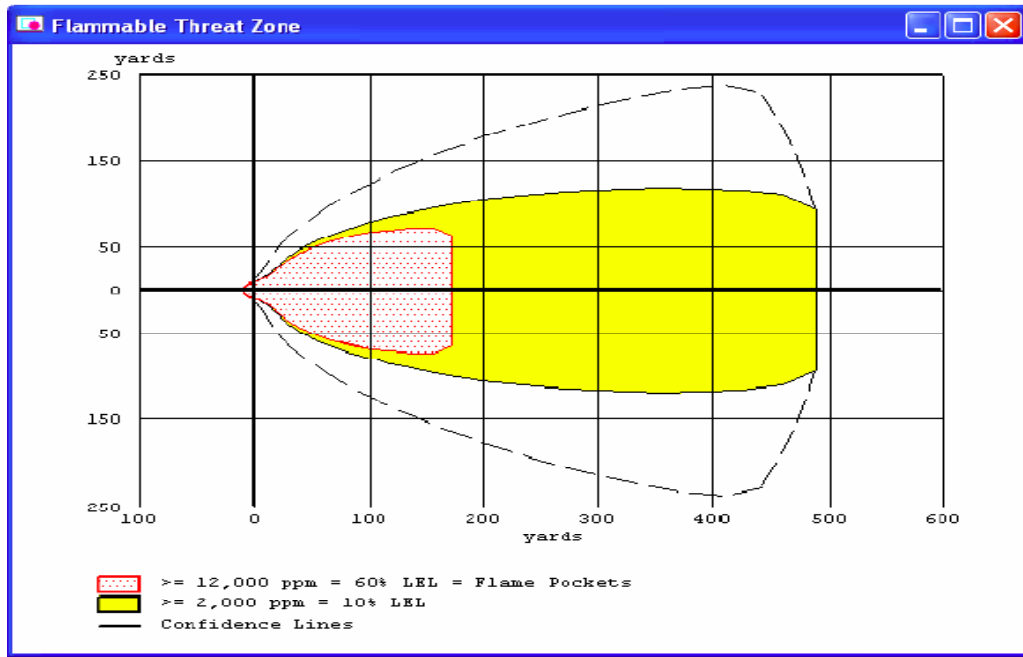


Figure V-4 : Présentation des résultats

V-2- simulation d'un accident sous ALOHA :

V-2-1-Introduction :

Dans le cadre de la réalisation des études de danger, la réglementation prévoit le calcul de périmètres de sécurité autour des établissements industriels à risques, surtout dans le domaine d'hydrocarbures qui présente des divers types de risque. Ce qui conditionne la mise en œuvre de mesures importantes en matière de prévention et de protection.

La libération accidentelle de gaz toxique ou inflammable constitue un scénario d'accident important, puisque pouvant conduire à des distances d'effet importantes. Le rejet accidentel d'un produit, peut entraîner la formation de nuages dangereux pour les personnes et pour l'environnement [5] [10].

La propagation de ces nuages dans l'atmosphère est un phénomène extrêmement complexe, régi par de nombreuses variables. Afin de modéliser les conséquences et d'estimer les périmètres de sécurité, l'étude de la dispersion atmosphérique des nuages de gaz, fait appel à des logiciels de simulation.

Notre objectif dans ce chapitre, est d'évaluer les effets d'un accident majeur au cours d'opération de forage pétrolier afin d'estimer les distances de sécurité pour établir les mesures nécessaires (préventives/protectives) qui assurent la sécurité pour les opérateurs, l'équipement et Bien sûr l'environnement, et dans cette étude On a choisi les données de l'accident de TP 159 au puits de gaz nezla19 qui a survenu le 15 septembre 2006 à Hassi Messaoud puisque c'est un cas réel, plus probable et plus catastrophique.

V-2-2- Description de l'incident :

A la suite d'un incident technique, une éruption incontrôlée avec feu est survenue le vendredi 15 septembre 2006 à 15h50 min, dans la région de Gassi-Touil sur le puits NEZLA 19, au cours du forage, indique un communiqué de l'entreprise Sonatrach.

« L'incident a fait malheureusement des victimes parmi l'équipe de forage ».



Figure V-5 : Plateforme du forage gazier Nezla 159 de GassiTouil en flamme

L'incendie survenu dans la plateforme du forage gazier Nezla 159 de Gassi-Touil, a tué deux personnes sur le coup et a fait six blessés. Dans cette zone de production située à 150 km de Hassi Messaoud, ou se déroulaient des travaux de forage, en partenariat entre Sonatrach et la compagnie pétrolière espagnole Repsol.

Le feu s'est déclaré suite à une importante déflagration, l'explosion a provoquée une éruption du puits, dégageant une flamme de 50 à 60 m de hauteur, selon la Protection civile d'Ouargla. La première intervention effectuée par les services de sécurité de Sonatrach, aurait permis de dégager les baraques d'habitation proches du lieu de l'incident ainsi que

les citernes de carburant afin d'éviter la propagation du feu. Le périmètre de sécurité du puits est de 1600 m à la ronde.



Figure V-6: Vue du puits NEZLA 19 Gassi-Touil en flamme

V-2-3-Modélisation par ALOHA

Le logiciel ALOHA modélise la dispersion en fonction des éléments renseignés, et détermine les concentrations de polluants au niveau du sol. Il prend en compte la nature du produit, de la fuite et des conditions atmosphériques. Il est aussi possible de fixer le modèle mathématique de simulation, ou par défaut de laisser le logiciel considérer un modèle.

V-2-3-1-Les entrées :

Les paramètres d'entrée renseignent sont : la localisation de l'accident, la substance chimique mise en cause, les conditions atmosphériques, les caractéristiques du site et du gazoduc ainsi que les conditions de rejet.

- localisation du site : Le site de projet se trouve sur le champ de Gassi Touil à 150 km au sud de Hassi Messaoud, à une Latitude de 30° 31' 0" nord et à une longitude de 6° 28' 7" est, l'altitude moyenne est 200m environ. Il s'étend sur une superficie d'environ 170 km de long et 105 km de large.

- date et heure de l'accident : le 15/09/2006 à 15h50 min

- produit chimique étudié : le méthane

- conditions atmosphériques : les paramètres météorologiques (vitesse du vent et température de l'air, humidité relative de l'air, rugosité du sol) sont présentés dans le tableau suivant :

caractéristique	Valeur
vitesse du vent	3m/s
Température de l'air	35° C
humidité	5%
rugosité du sol	Faible (terrain libre)

Tableau V-1 : paramètres du scenario**V-2-3-2-Description de la source : « source »**

Cette option permet de définir la provenance du polluant. Notre pollution impliquant une source directe, nous choisissons l'option "direct" correspondant à une explosion à l'air libre, la quantité du gaz brûlée sur le coup est environ 30 m³, et la brèche fuite est une circulaire de diamètre 50cm.

V-2-3-A- Résultat et discussion :

Toutes les caractéristiques nécessaires à ALOHA sont alors renseignées. L'utilisateur peut alors décider d'y appliquer un modèle gaussien, un modèle de gaz lourd ou laisser ALOHA décider. Par la suite, il peut alors demander à ALOHA de tracer les types de menaces : la zone toxique, la zone potentielle d'inflammabilité ou la zone d'explosion, selon les caractéristiques du polluant, et l'on obtient le type de graphique suivant :

A-1-Modélisations de la concentration du polluant et des flammes :

ALOHA nous donne pour les effets de pollution et de flammes le résultat présenté par les deux figures suivantes :

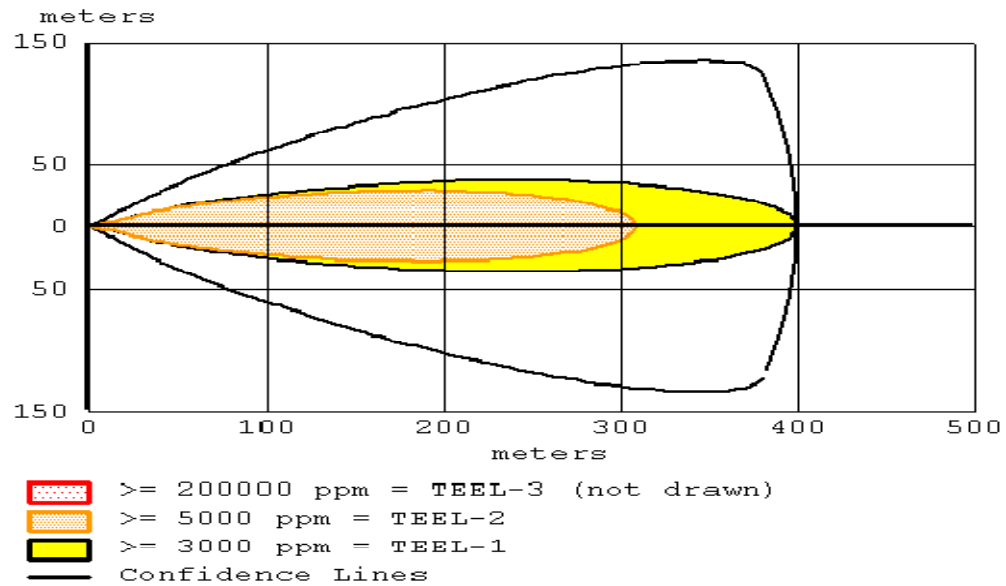


Figure V-7 : Les zones de concentration des polluants.

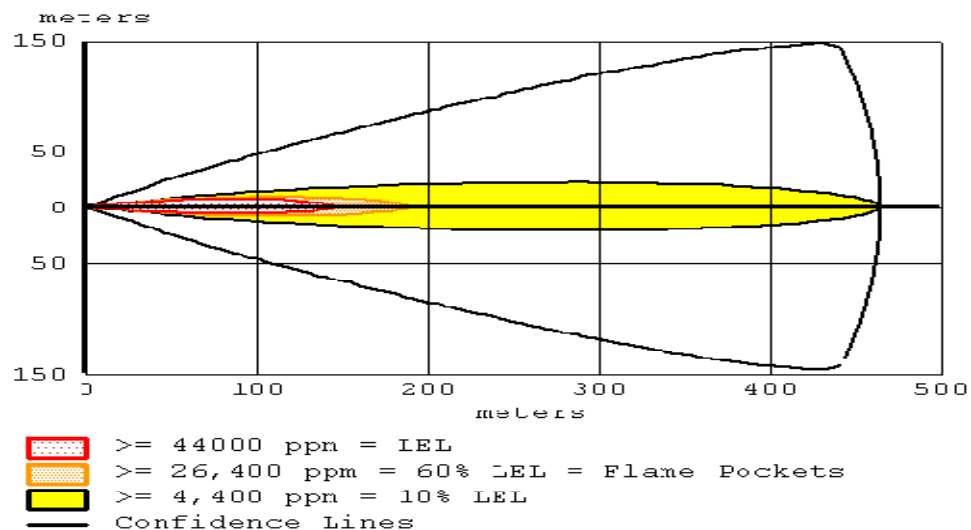
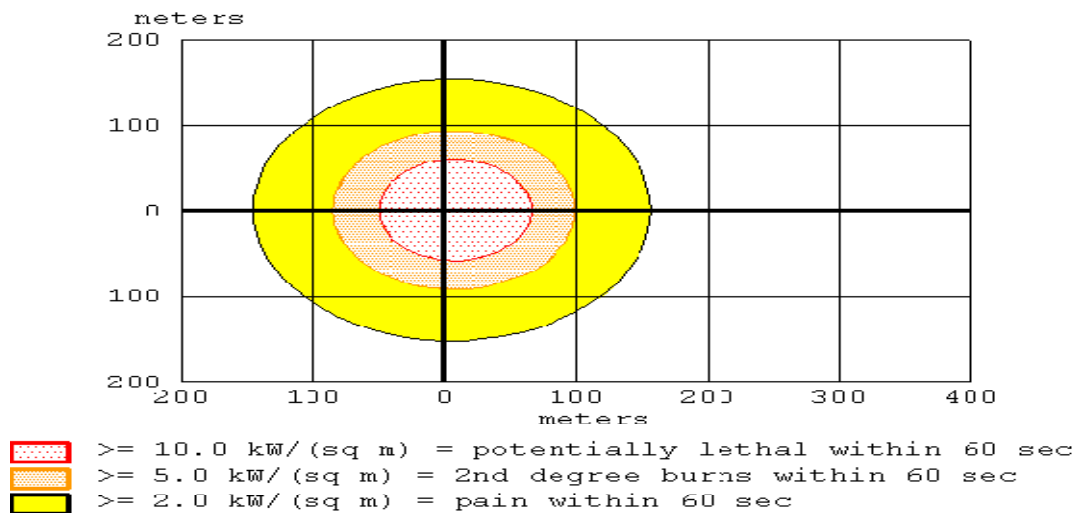
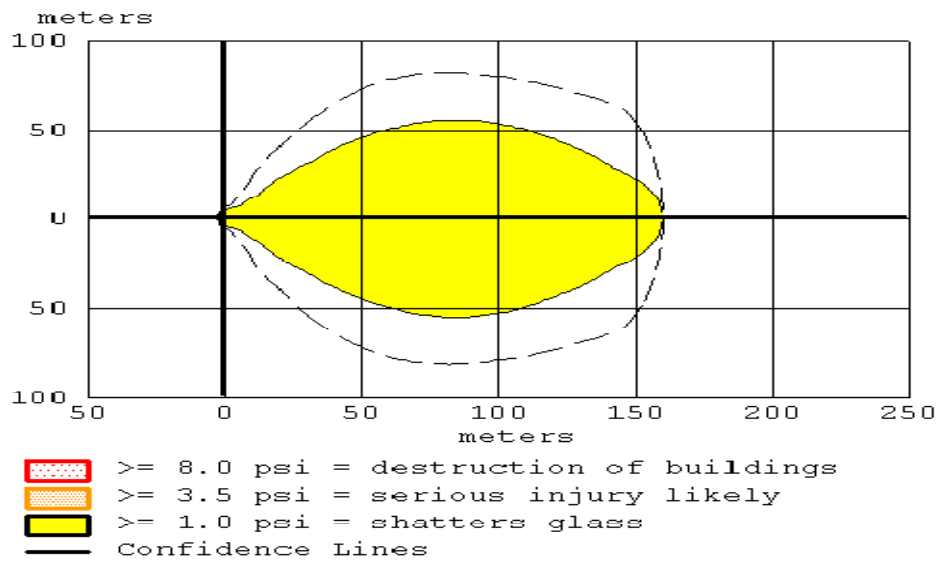


Figure V-8 : Les zones menaces par les flammes.

D'après ces résultats les zones touchées par la menace du polluant et des flammes, est plus de 400 mètres, ce que signifie que la zone de confiance (la zone de sécurité) pour protéger les opérateurs, les équipements contre les effets de flammes et de pollution commence à partir 450 m du centre d'accident.

A-2- Modélisations de la surpression et des radiations thermiques

Les effets des ondes de surpression et de radiations thermiques sont présentés par les schémas suivants :



Les résultats présentés par les deux figures ci-dessus montrent que la zone menacée par les effets de surpression et de radiations thermiques est plus de 150 m à partir du centre d'explosion, à titre d'exemple : la zone touchée par les radiations thermiques, c'est un cercle de 300 m de diamètre, et la zone de sécurité commence après 160 m de centre d'explosion.

Les résultats obtenus donnent une idée de l'étendue potentielle des impacts et ne doivent être utilisés qu'à titre indicatif dans un contexte de situation d'urgence.

Évidemment, ces résultats ne s'appliquent qu'à la situation théorique définie par les paramètres que nous avons choisis, puisque les paramètres du forage diffèrent d'un site à un autre. En effet, si l'on modifie un tant soit peu les différents paramètres, les résultats obtenus peuvent être très différents, surtout si on modifie la température ou la vitesse du vent.

Conclusion :

Après ces résultats obtenus avec le logiciel ALOHA concernant la simulation d'un accident de forage pétrolier qui est survenu à Gassi-Touil le 15 septembre 2006 on peut prendre en considération les points suivants :

- Les effets de surpression et de radiations thermiques d'un accident majeur au niveau d'un chantier de forage peuvent atteindre une distance de 160 m du centre de l'accident, c.-à-d pour assurer la sécurité totale des opérateurs et des équipements on doit respecter ces limites de sécurité lors de l'emplacement des équipements de forage.
- La protection des opérateurs et des équipements contre ce genre de dégât passe par :
 - L'agrandissement de la plateforme de forage.
 - La formation et l'information des opérateurs sur ce type d'accident.
 - Insister sur les conditions morales et physiques des opérateurs lors de l'embouche.
 - Le respect des procédures du travail surtout ce qui concerne l'HSE.
 - Les exercices et les simulations périodiques.

Conclusion générale

Conclusion générale

La conciliation entre l'utilisation des énergies fossiles, qui assure le développement industriel et la protection de l'homme et son environnement, passe par la réduction des gaz à effet de serre additionnel. Ces gaz sont à l'origine de l'accélération du changement climatique, leurs diminution doit passer par la réduction du CO₂ principal gaz à effet de serre. A l'heure actuelle nous sommes loin de pouvoir adopter un modèle économique basé sur l'utilisation des énergies propre. Pour ne pas freiner notre développement industriel et économique basé sur les énergies fossiles et afin d'assurer un développement durable sans contracter les besoins des générations futures, il faut rationaliser leurs exploitations et passer graduellement aux énergies propres.

Nous ne pouvons pas donc, à moyen terme, arrêter de produire et transformer le gaz naturel, ni éliminer complètement le « torchage », ou arrêter l'utilisation des turbines à gaz, qui sont des sources à forte émission de gaz à effet de serre. Néanmoins nous pouvons identifier, évaluer, gérer et manager en d'autres termes appréhender le risque.

Dans un premier temps, nous nous sommes focalisés dans ce mémoire sur l'identification des principales sources émettrices de gaz à effet de serre et l'évaluation de la quantité totale de CO₂ rejetée sur le site de traitement de gaz de GASSI TOUIL. Ensuite nous avons proposé comme solution la réparation de la vanne « PV 2008 ». Ceci pourra réduire considérablement la quantité des gaz torches, avec des gains économiques et environnementaux pour SONATRACH.

Dans un deuxième temps, une analyse de risques sous ALOHA d'un accident de forage pétrolier a été effectuée, pour prendre des mesures de sécurité. Ce qui nous a permis de délimiter les zones de concentration des polluants, zones menacées par les flammes, zones menacées par la surpression et les zones menacées par les radiations thermiques.

Enfin, nous espérons que cette étude sera prise en considération, car les solutions suggérées peuvent être très bénéfiques pour l'entreprise. Il est à signaler que la taxe carbone payée par l'entreprise est de 110 milliards de centimes pour l'année 2014. L'application stricte de nos recommandations contribuera considérablement à la baisse de cette taxe.

Références bibliographiques



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] GIEC ; l'INSU(Institut National des Sciences de l'Univers),conférence de presse CNRS, CEA, Météo-France.
- [2] DARA and CLIMATE VULNERABLE FORUM ([http:// www tinyurl.com/c76 qqao](http://www.tinyurl.com/c76qqao)).
- [3] Katz, D. L. et Al Hand book, Technologies d'engineering du gaz naturel liquéfié ; Edition. New york.1969.
- [4] JGC Corporatoin, Documents d'archives de l'entreprise (spécification).
- [5] J. Prausnitz et R. C.Reid, The properties of gases and liquids (third edition).
- [6] ELICHE GARAY. Pollution atmosphérique.
- [7] SUAREZ. J, POURTIER. L et LLONGARIO. O, Modélisation de la dispersion atmosphérique des odeurs, techniques de l'ingénieur, traité environnement.
- [8] Remy TELLO. Les effets en emploi d'un développement du captage et stockage du CO₂ en France -Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement- Mémoire Master.
- [9] Rapport GHG sur les émissions des gaz à effet de serre.
- [10] VIALA. A et GRIMALDI. F. Pollution atmosphérique. Toxicologie générale.
- [11] POPESCU M, BLANCHARD JM et CARRE J. Emissions, fumées, odeurs et poussières. Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphérique industriels.
- [12] NGO C et REGENT A. Déchet et pollution- Impact sur l'environnement et la sante.
- [13] MIRAVAL, PROTOIS et SCHNEIDER O. Fiche toxicologique de dioxyde de carbone. INRS (Institut National de Recherche et de la Sécurité). Edition 2005.
- [14] FRANCK KRETTTH ; « Transmission de chaleur et thermodynamique »,1967.
- [15] P.WUITHIER ; « Pétrole : Raffinage et génie chimique », Tome II. Ed technip, Paris, 1972.
- [16] <http://www.total.com/dosseir-environnement>.
- [17] <http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr>
- [18] <http://www.wikipedia.com/empreinte.carbone>
- [19] <http://www.worldbank.org/ggfr>

Annexes