



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة ببومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdès
كلية المحروقات والكيمياء
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie



Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques

Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie des Procédés

Option : Hygiène Sécurité et Environnement

Thème

**Etablissement d'un inventaire des émissions des gaz à effet de serre issus
de la combustion stationnaire au niveau du complexe GP1z Arzew**

Présenté par :

- *Alouache Mohamed Oussama*
- *Farsi Noura*

Encadré par :

- *Dr F.Younsi*

Année Universitaire : 2021 / 2022

Dédicace

Je dédie ce mémoire de fin d'études à :

Mes très chers parents,

En témoignage de ma reconnaissance pour leur soutien,

Leurs sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fournis pour mon éducation et ma formation.

A mon cher grand-père el hadj el Habib dont le souvenir restera gravé

Dans mon âme à tout jamais.

Mes très chers frères : Habib et Farouk

Mes très chères grands-mères Sabria et Fatiha et mon cher grand père Mohammed

Mes très chères tantes et mon cher oncle Djawed

Mon très cher beau-frère Mahdi

À la mémoire de mon oncle Rachid Kharroubi décédé en période de covid

Que Dieu ait son âme

A mon Binôme Noura et à toute sa famille

Et à tous mes amis de promoH17 et spécialement le groupe MHSE17

Pour leurs affections, compréhension et patience

Et à tous ceux qui me sont chers et m'ont soutenu de près ou de loin.

Alouache Mohamed Oussama

Dédicace

Je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers,

À l'être le plus cher de ma vie, ma mère Fatma qui a toujours été là pour moi.

À mon très cher père (Que Dieu aie son âme) qui sera fière de moi s'il était

Présent.

À mon mari Kamel pour son soutien, son affection et de la confiance qu'il m'a

Accordé.

À mes deux frères Hakim, Omar et leurs femmes Sabrina et Laura.

À mes deux sœurs Fatiha, Nacira et leurs maris Malik et Amar.

À mes nièces Celine, Inas, Alicia et ma petite ânge Myral.

À mes neveux Yanis et Ilyas.

À mon très cher vava Said.

À la mémoire de ma tante na Houria décédé en période de covid

Que Dieu aie son âme

À toute ma famille et ma belle-famille sans exception.

À mon binôme Oussama pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension

Tout au long de ce projet, ainsi à toute sa famille.

À mon ami Fares qui m'a toujours poussé et motivé dans mes études, ainsi à toute

Sa famille

À toutes mes chères amies et collègues Lamia, Mina, Aldjia, Nacia, Kamillia,

Meriem.....

À tous mes collègues de l'EHS DBK.

À tous mes amis de promotion MHSE17, en particulier : Khadidja, Hocine, Besma,

Rayen, Sara, Céline, Kader et Abdeililah.

À tous mes amis que je n'ai pas cités et à tous ceux qui me connaissent.

Enfin je le dédie à tous ceux qui ont participé à ma réussite.

Nora Farsi

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier le Bon Dieu, pour le courage et la patience qu'il nous a offerts, afin de réaliser ce travail.

Nous adressons nos remerciements à nos chers parents que nous aimons le plus au monde et qui ont tant sacrifié pour nous faciliter le chemin vers le succès.

Nos profondes gratitudes au Dr. Younsi Ferroudja, pour son honorable encadrement et pour les conseils judicieux qui nous ont été d'une très grande d'aide.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Melle Bouazza Amel, notre Co-encadreur et le chef département HSE et tous le personnel du Complexe GP1Z Arzew Oran.

On souhaite remercier le professeur Hamada Boudjamea le doyen de la faculté des hydrocarbures et de la chimie.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département du génie des procédés chimiques et pharmaceutiques, qui nous ont aidés par le fruit de leur connaissance pendant toute la durée de notre cursus.

On tient à remercier sincèrement les membres de jury qui nous font le grand honneur pour évaluer ce travail.

Nos derniers remerciements et ce ne sont pas les moindres, vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Résumé :

Réduire les émissions des gaz à effet de serre (GES) est un enjeu stratégique dans le domaine énergétique, tant sur le plan économique, qu'environnemental. Pour diminuer de façon pertinente les émissions, un bilan quantitatif reste nécessaire.

Dans ce travail, nous avons établi un inventaire des émissions des gaz à effet de serre des sources stationnaires de combustion (Four-Chaudière-Turbine à gaz) d'un seul train au sein du complexe GP1/Z. Le choix de ces derniers s'est fait selon le référentiel GES de SONATRACH qui impose la quantification et la déclaration des émissions directe (SCOPE 1) , Nos calculs se sont fondés sur deux méthodes différentes : la méthode bilan carbone et la méthode de facteur d'émission donnée par le référentiel GES dans le but de faire une comparaison de résultats et voir la fiabilité de la méthode du référentiel vu la précision du bilan carbone .

Les résultats des calculs des quantités de CO₂ émises par les deux méthodes des différentes sources d'émission ont montré un écart très faible entre les résultats obtenus par la méthode de facteur d'émission par rapport à ceux obtenus par la méthode bilan carbone.

Abstract:

Reducing greenhouse gas (GHG) emissions is a strategic issue in the energy field, both economically and environmentally. To reduce emissions in a relevant way, a quantitative assessment is necessary.

In this work, we have established an inventory of greenhouse gases from stationary combustion sources (Heater-Boiler-Turbine) within the GP1/Z complex. The choice of these sources was made according to the SONATRACH's GHG referential which imposes the quantification and the declaration of direct emissions (SCOPE 1). Our calculations were based on two different methods: the carbon balance method and the method of emission factor given by the GHG repository in order to make a comparison of results and see the reliability of the method of the repository given the accuracy of the carbon balance.

The results of the calculations of the quantities of CO₂ emitted by the two methods of the different emission sources showed a very small difference between the results obtained by the emission factor method compared to those obtained by the carbon balance method.

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise	4
1.1. Introduction	5
1.2. Présentation du complexe GP1Z	5
1.2.1. Objectif de complexe GP1/Z	5
1.2.2. Situation géographique et voisinage du complexe GP1/Z	5
1.2.3. Fiche Technique Du complexe GP1/Z	6
1.2.4. Procédé de Fabrication	7
1.3. Organigramme du complexe GP1Z	15
1.4. Présentation des équipements	17
1.5. Conclusion	26
Chapitre II : Généralité sur les gaz à effet de serre	26
2.1. Introduction	27
2.2. Concepts relatifs aux gaz à effet de serre	27
2.2.1. Définitions	27
2.2.2. Les impacts des GES	32
2.2.3. Termes relatifs au GES	34
2.2.4. Les émissions de GES dans le secteur pétrolier et gazier	36
2.3. Caractéristiques des combustibles	39
2.4. Concepts relatifs au processus d'inventaire des GES	44
2.5. Conclusion	47

Chapitre III : Réglementation en vigueur et présentation du référentiel de SH	48
3.1. Introduction	49
3.2. Cadre réglementaire international et national régissant les GES	49
3.2.1. Cadre international	49
3.2.2. Cadre national.....	51
3.2.3. Contribution de l'Algérie en matière d'atténuation GES	52
3.3. Présentation du référentiel GES de SONATRACH	54
3.3.1.Objectif du référentiel.....	54
3.3.2.Définition du périmètre organisationnel et opérationnel des inventaires au niveau des sites de SONATRACH.....	54
3.3.3.Approches méthodologiques pour l'estimation des émissions de GES	56
3.3.4.Choix des Facteurs d'Emission (FE)	56
3.3.5.Suivi, évaluation et mise à jour du référentiel	57
3.4. Méthodologie d'élaboration des inventaires de quantification des émissions GES selon la norme ISO 14064-01	57
3.4.1.Norme ISO 14064-01:2018	57
3.4.2.Principe de quantification des émissions de GES	58
3.4.3.Les étapes d'élaboration des inventaires	58
3.5. Quantification des émissions et suppressions de GES	61
3.6. Elaboration de l'inventaire de GES.....	62
3.7. Conclusion	63

Chapitre IV : Quantification des émissions des gaz à effet de serre	64
4.1. Introduction	65
4.2. Démarche de réalisation de l'inventaire	65
4.2.1. Méthodes de calcul de l'évaluation quantitative des émissions	65
4.2.2. Présentations des Méthodes Utilisées	66
4.2.3. Détermination du périmètre d'étude	70
4.2.4. Détermination des équipements pertinents pour les calculs	70
4.2.5. La collecte des données	71
4.3. Résultats et interprétation des calculs	85
4.4. Conclusion	88
Conclusion Générale	93
Référence bibliographique	
Annexe	

Liste des figures

Figure I.1 : Situation Géographique du Complexe GP1/Z	5
Figure I.2 : Procédé de fabrication	8
Figure I.3 : Les sphères de stockage.....	11
Figure I.4 : Bacs de stockages	12
Figure I.5: Rampe de chargement de camions du GP1/Z.....	12
Figure I.6 : Quai de chargement de navires du GP1/Z	13
Figure I.7 : Schéma qui représente l’organigramme du complexe GP1/Z	15
Figure I.8 : Schéma qui représente le principe de fonctionnement d’une turbine à gaz.....	18
Figure I.9 : Fours de type Lummus Anderson.....	24
Figure II.1 : Concentration atmosphérique des principaux GES.....	27
Figure II.2 : Schéma des émissions de GES de l’industrie du pétrole et du gaz naturel.....	37
Figure III.1 : Schéma des différents postes de réalisation d’un bilan d’émission GES	55
Figure IV.1 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO2 émise par la turbine 02-CT-1001	76
Figure IV.2 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO2 émise par la turbine 22-H-6501.....	77
Figure IV.3 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO2 émise par le four 32-H-9501.....	78
Figure IV.4 : présentation des quantités émises par type de gaz dans les 3 équipements	81
Figure IV.5 : présentation de la quantité émise par équipement	82
Figure IV.6 : présentation de la quantité des gaz émise pendant l’année 2020 et 2021 par la méthode Facteur d’émission.....	83

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Paramètres de chargement de navires dans les 2 jetées.....	13
Tableau II.1 : Quelques exemples de pouvoir calorifique inférieur (PCI)	40
Tableau III.1 : Sources de combustion fixes (Traitement de Gaz)	49
Tableau IV.1 : Les PRG données par le 4 ^{ème} rapport d'évaluation du GIEC	60
Tableau IV.2 : La consommation de la turbine à gaz 02-CT-1001 du train 100 en GN	62
Tableau IV.3 : La consommation de la chaudière 22-H-6501 du train 900 en GN.....	63
Tableau IV.4 : La consommation du Four 32-H-9501 du train 900 en GN et C2.....	63
Tableau IV.5 : La consommation du four, chaudière et turbine en GN et C2 en NM3	64
Tableau IV.6: Les facteurs d'émissions des combustibles GN et C2 par défaut donnés par le GIEC pour la combustion stationnaire dans les industries Energétiques	65
Tableau IV.7 : Les pouvoirs calorifiques supérieurs et inférieurs du GN ET C2	66
Tableau IV.8 : La composition moyenne du fioul (GN) pendant l'année 2021	66
Tableau IV.9 : La composition moyenne du fioul (C2) pendant l'année 2021	67
Tableau IV.10 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO2 émise par La turbine 02-CT-1001	76
Tableau IV.11 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO2 émise par La turbine 22-H-6501	77
Tableau IV.12 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO2 émise par Le four 32-H-9501	78
Tableau IV.13 : Avantages et inconvénients de la méthode bilan carbone	79
Tableau IV.14 : Avantages et inconvénients de la méthode facteur d'émission	80
Tableau IV.15 : Quantité des gaz émis par type de gaz	81
Tableau IV.16 : Quantité de CO2 émise par équipement.....	81
Tableau IV.17 : inventaire des émissions de GES au niveau du complexe GP1Z	82
Tableau IV.18 : Comparaison entre les résultats de calcul par la méthode facteur d'émission de l'année 2021 Rapport à celle du 2020	83

Liste des abréviations

- ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie.
- SH : Sonatrach.
- ANCC : Agence Nationale des Changement Climatique.
- API : American Petroleum Institute.
- BOG: Boil Of Gas.
- CCNUCC: Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatique.
- GPL : Gaz de Pétrole Liquéfié.
- GNL : Gaz Naturel Liquéfié.
- GN : Gaz Naturel.
- DCS : Distributed Control System.
- HP : Haute Pression.
- BP : Basse Pression.
- CDN : Contribution Déterminer au niveau National.
- CH4 : Méthane.
- CNC : Comité Nationale du Climat.
- CO2: Dioxyde de Carbone.
- COP : Conférence des Parties.
- DA : Donnée d'Activité.
- FE : Facteur d'Emission.
- GES : Gaz à Effet de Serre.
- GHG : Greenhouse Gases.
- GIEC : Groupe Intergouvernemental d'Expert sur l'Evolution du Climat.
- HFC : Les Hydrofluorocarbure.
- ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

Introduction Générale

La production de l'énergie est un facteur essentiel de développement et d'évolution des sociétés humaines, elle se fait à partir de différentes sources d'énergie potentielles. Depuis quelques années le monde observe une augmentation significative des besoins énergétiques, une raréfaction des ressources fossiles et des préoccupations environnementales de plus en plus importantes.

De ce fait, les compagnies pétrolières et gazières sont des poids lourds du réchauffement climatique. Elles sont responsables d'une énorme quantité des émissions de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄). Ces derniers englobent leurs activités au sens large, depuis l'extraction des hydrocarbures jusqu'à leur consommation par le client final, sous forme de carburant, de gaz pour le chauffage, d'électricité générée à partir de gaz ou encore de plastique.

Dans le cadre de ces changements climatiques, l'Algérie participe à l'effort mondial de surveillance de l'atmosphère. Elle abrite, depuis 1995 à Tamanrasset dans le Sud du Sahara une des stations de référence du programme scientifique de la Veille de l'Atmosphère Globale (VAG). Ce programme est coordonné par l'OMM (Organisation Météorologique Mondiale). Cette station assure en continu les mesures de la concentration des gaz à effet de serre comme le gaz carbonique et le méthane. [01]

Dans le cadre des engagements pris par l'Algérie au titre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et de l'Accord de Paris, SONATRACH, qui occupe la 17ème place mondiale en termes de pollution de la planète (Algérie-focus), s'est fixé des objectifs de réduction de ses émissions de GES par la mise en œuvre d'un système de référence, notamment par le biais des "Contributions déterminées au niveau national (CDN)". De plus, ces objectifs sont cohérents avec ceux décrits dans la politique HSE de SONATRACH et son système de gestion HSE-MS.

Le complexe GP1/Z de l'entreprise SONATRACH, de part sa grande capacité de production de gaz estimée par 10.8 millions tonnes / an, constitue un pôle important où les sources d'émissions de gaz à effet de serre sont diversifiées à travers les torches, les chaudières, les turbines à gaz, les fours et les colonnes, raison pour laquelle nous avons fait le choix de ce thème de mémoire de fin d'études qui a pour objectif de :

- Constituer une base de données qualitative et quantitative des émissions de gaz à effet de serre.
- Identifier et localiser les sources d'émissions et les activités les plus significatives engendrant les gaz à effet de serre.
- Réduire les gaz à effet de serre.

C'est autour de ces étapes que s'articule le contenu de notre travail qui est :

- Le premier chapitre se divise en 2 parties, nous abordons dans la première partie La présentation du complexe GP1/Z. Dans la deuxième partie nous abordons la présentation des équipements de combustion stationnaire ou nous avons traité notre sujet.
- Dans le deuxième chapitre nous avons parlé sur les généralités sur les notions des gaz à effet de serre et les concepts relatifs au GES, Caractéristiques des combustibles ainsi que les Concepts relatifs au processus d'inventaire des GES.
- Le troisième chapitre se divise en 3 parties, la première partie elle comprend le cadre réglementaire international et national régissant les émissions des gaz à effet de serre, la deuxième englobe ce qui est stipulé dans le référentiel GES du groupe SONATRACH pour le calcul et les modalités d'établissement des inventaires des GES, la troisième partie représente la méthodologie de réalisation selon la norme ISO14064-01.
- Dans le chapitre 4, nous avons entamé la partie pratique, nous avons soulevé notre problématique concernant les gaz à effet de serre. Sur cette base, nous avons calculé les quantités de CO₂, CH₄ et N₂O émises par les équipements stationnaires (Four- Chaudière-Turbine à gaz) en appliquant la méthode du référentiel (Facteur d'émission) et une autre qui est Le bilan carbone avec une comparaison des résultats obtenus.

Chapitre I :

Présentation de l'entreprise

1.1. Introduction

L'entreprise dénommé « JUMBO GPL » dépend directement de la division GNL & GPL de l'activité Liquéfaction de l'entreprise nationale SONATRACH. Elle est conçue pour le traitement de GPL provenant des champs gaziers et pétroliers du sud de l'Algérie.

Afin de permettre une exploitation optimale des ressources disponibles, l'organisation du complexe GP1/Z est étudiée de façon à avoir une coordination complète entre les différentes structures de l'usine.

1.2. Présentation du complexe GP1Z

1.2.1. Objectif de complexe GP1/Z

L'importance du complexe construit dans la zone industrielle d'ARZEW a pour objectif le traitement de GPL venant de plusieurs sources du sud algérien (Hassi Messaoud, Hassi R'mel) pour la production des gaz « Propane » et « Butane » liquéfié.

1.2.2. Situation géographique et voisinage du complexe GP1/Z

Le complexe GP1/Z est situé sur le littoral de l'ouest algérien, à **40 KM** approximativement de la ville d'Oran et à **8 KM** de la ville d'Arzew. Le complexe est de superficie de **120 hectares**, est situé dans la zone industrielle d'Arzew : entre le centre thermique Mers EL Hadjaje du côté East et du côté ouest le complexe GNL de liquéfaction du gaz naturel. [02]

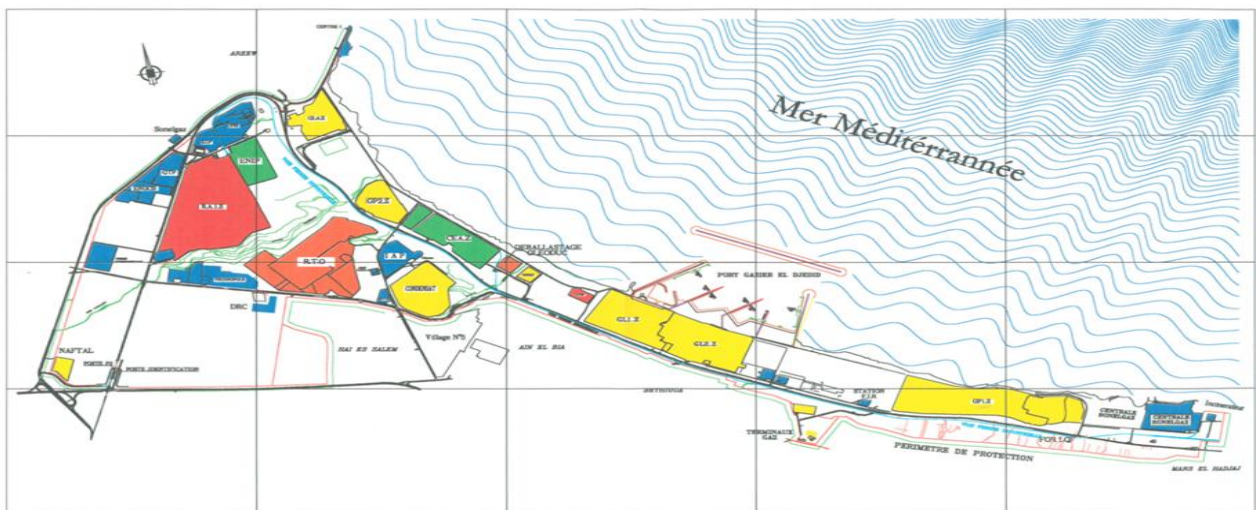


Figure I .1 : Situation Géographique du complexe GP1/Z

1.2.3. Fiche Technique Du complexe GP1/Z

Le complexe a pour mission la production du GPL (Propane et Butane) commerciaux destinée aussi bien au marché national qu'au marché international. [02]

- Nom de l'entreprise : **Complexe GP1/Z.**
- Superficie : **120 Hectares.**
- Effectifs : **1000 Employés.**
- Objet : **Séparation et liquéfaction du GPL.**
- Produits Fini : **Butane, Propane.**
- Procédé utilisé : **Distillation sous pression.**
- Nombre de trains : **09 Trains.**
- Constructeur : **Consortium Japonais IHI- ITOCHU.**
- Capacité de production : **10,8 millions de tonnes par an.**
- Date de démarrage des travaux : **10 Novembre 1980.**
- Date de mise en production de la phase 1 : **12 Décembre 1983.**
- Date de mise en production de la phase 2 : **24 Février 1998.**
- Date de mise en production de la phase 3 : **12 Février 2010.**
- Capacité Totale de stockage :
 - ❖ Stockage de la charge : **22000 m³**
 - ❖ Stockage des produits Réfrigérés : **560000 m³**
 - ❖ Stockage des produits ambiants : **2000 m³**
- Principales installations du complexe :
 - ❖ 22 sphères de stockage de la charge d'alimentation.
 - ❖ 09 Trains de traitement du GPL.

- ❖ 04 Unités de liquéfaction des BOILOFF (02 pour le butane et 02 pour le propane).
- ❖ 04 Bacs de stockage de propane à basse température (Capacité de chaque bac est de 70000m³).
- ❖ 04 Bacs de stockage de Butane à basse température (Capacité de chaque bac est de 70000m³).
- ❖ 04 Sphères de stockage de produits ambiant (Propane, Butane).
- ❖ 01 Sphère de stockage de la GAZOLINE (Capacité 500 m³).
- ❖ 04 Salles de contrôle + 02 salles de supervision.
- ❖ 02 Stations électriques alimentées par SONELGAZ.
- ❖ 06 Générateurs assurant l'énergie de secours du complexe (02 pour chaque phase).
- ❖ 02 Quais de chargement pouvant recevoir des navires d'une capacité de chargement variant entre 4000 m³/h et 10000 m³/h.
- ❖ 01 Rampe de chargement par camions.
- ❖ 01 Station pomperie d'eau de mer.
- ❖ 01 système de télésurveillance.
- ❖ 02 Unités de traitements des eaux usées.

1.2.4. Procédé de Fabrication

Le site a été découpé en section fonctionnelles telles que suivantes :

- a • Section d'arrivée et de stockage de la charge.
- b • Section de déshydratation.
- c • Section de séparation.
- d • Section de réfrigération de propane et de butane.
- e • Section Four.
- f • Bacs de stockage produits finis réfrigérés.
- g • Stockage produits finis sphères sous pression et chargement camions.

- h • Récupération du BOG (Boil of Gas) ou gaz d'évaporation.
- i • Chargement navires.
- j • Utilités : Chaudière, Circuit GN, Systèmes torches et Blow Down, Stockage diesel etc.

Les activités à étudier peuvent se décomposer selon les différentes sections telles que présentées sur le schéma ci- dessous :

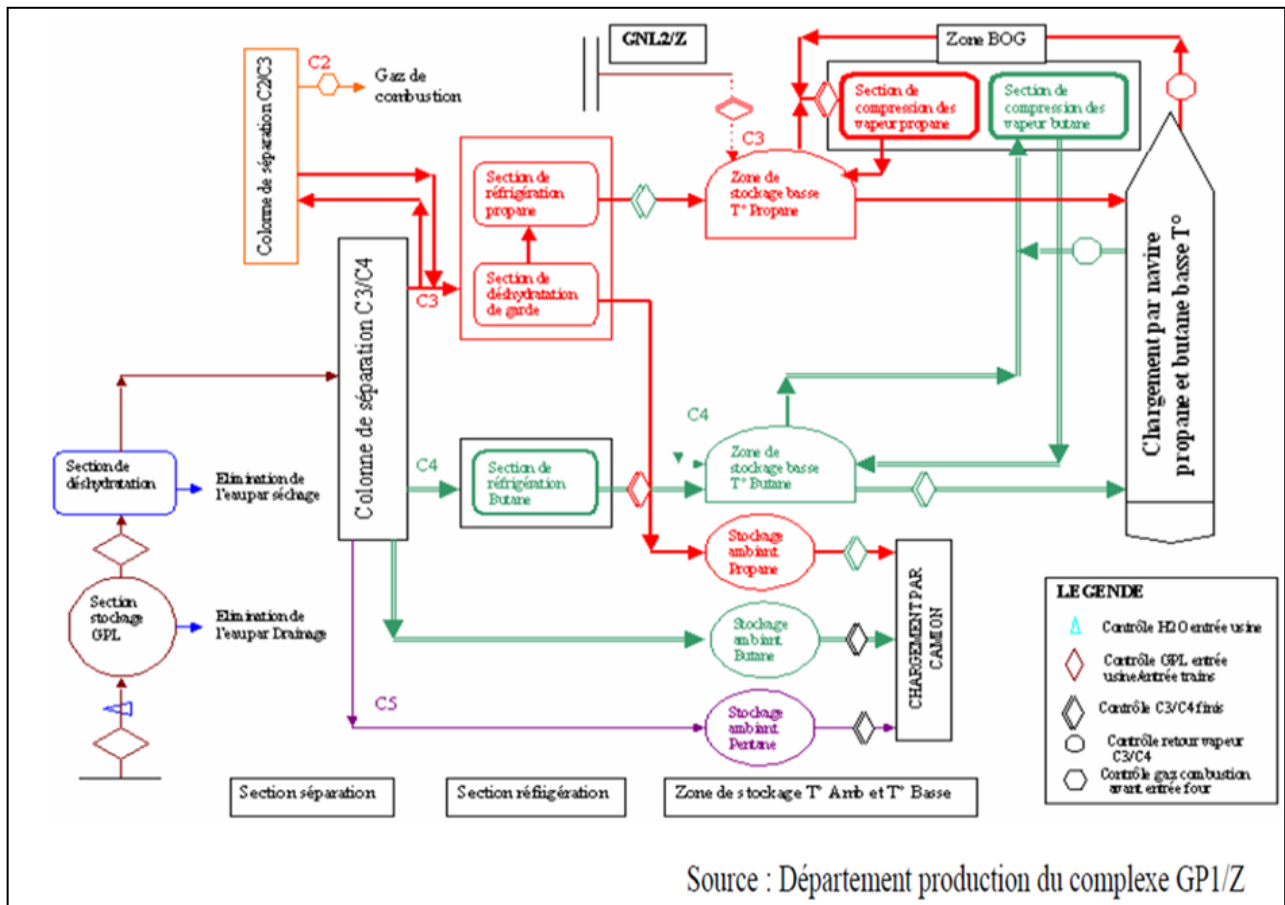


Figure I .2 : Procédé de Fabrication GP1/Z

a. Section d'arrivée et de stockage de la charge

L'alimentation se fait à partir des champs gaziers et pétroliers du sud Algérien par un Gazoduc24 via la terminal RTO situé sur le plateau de Béthioua, l'alimentation de la section de déshydratation est effectuée par huit (08) pompes.

Le GPL est stocké dans seize **(16)** sphères réparties en quatre **(04)** groupes comportant chacun quatre **(04)** sphères et deux **(02)** pompes d'alimentation.

b. Section déshydratation

Le but de cette section est de réduire la teneur d'eau dissoute dans le GPL de **100 ppm** à **5ppm** en poids et éviter ainsi la formation de glace et de bouchons de givre dans la partie réfrigération de l'installation.

Cette section comprend trois **(03)** sécheurs d'adsorption à tamis moléculaires, un en service et l'autre en régénération et le dernier en stand-by.

Le GPL passe dans le sécheur du bas vers le haut, l'humidité est extraite lors du passage du GPL à travers les tamis moléculaires, la durée de cette opération est de 36 heures.

Une fois les 36 heures dépassées le sécheur passe automatiquement en régénération, cette dernière comprend les séquences suivantes :

- Drainage **(01 heure)**.
- Dépressurisation **(30 minutes)**.
- Réchauffage **(11 heures)**.
- Refroidissement **(05 heures)**.
- Pressurisation **(30 minutes)**.
- Remplissage.

c. Section séparation

C'est la section qui assure la séparation du GPL en deux produits finis, Propane et Butane en plus de très faible quantités d'éthane et pentane.

Le GPL déshydraté avant de passer au Fractionnateur, il doit être porté à sa température d'ébullition **(710°C)**, en passant à travers trois préchauffeurs le premier est chauffé par le produit de fond du Dééthaniseur, le second par les produits de fond de Fractionnateur et le dernier par l'huile chaude provenant du four. Le GPL ainsi préchauffé à **710°C** passe directement dans le Fractionnateur (il est

constitué de 55 Plateaux à clapets) ou il est séparé en (**Propane + éthane**) en tête de colonne et en (**Butane + Pentane**) au fond de la colonne.

Les produits de tête de colonne sont condensés et récupérés au niveau du ballon de reflux. Les produits du fond de la colonne sortent à une température de (**1100°C**) préchauffent la charge de GPL et passent vers le Dépentaniseur.

- **Dééthaniseur**

Dans le but de produire du propane commercial plus au moins pur .les produits de tête de colonne passent au Dééthaniseur, ce dernier est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets .le gaz riche en éthane sortant de la partie supérieure du Dééthaniseur est utilisée comme combustible du four , le propane sortant du fond de la colonne a une température de **620°C** se dirige directement vers le premier réchauffeur de Fractionnateur.

- **Dépentaniseur**

Il existe un seul Dépentaniseur commun pour les **06** trains, son rôle est d'éliminer les traces de pentane contenues dans le butane, Le Dépentaniseur est une colonne constituée de **50** plateaux à clapets.

Le butane sortant de la tête du Dépentaniseur, mélangé au reste du butane non dépentanisé, et est envoyé à la section de réfrigération.

Le pentane recueilli du fond du dépentaniseur sera refroidi par Aéroréfrigérant, et envoyé vers le stockage ambiant.

d. Section de Réfrigération

Le But de cette section est de refroidir les produits finis à leur température de stockage (**-420°C** pour le propane et **-90°C** pour le Butane).les produits sont réfrigérés par trois (**03**) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération au propane.

Le propane est évaporé dans les échangeurs de chaleur, cette évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigéré, Une partie du propane réfrigéré sera comprimée et envoyée au dééthaniseur de la section de séparation comme réfrigérant de tête de colonne.

La vapeur de propane générée dans les ballons d'aspiration , les condenseurs de tête des dééthaniseur et les dispositifs de réfrigération du butane , sont comprimés par un compresseur centrifuge a trois **(03)** étages entraîné par une turbine à gaz , Elle est ensuite condensée dans les condenseurs de types aéroréfrigérant , Les produits finis sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage.

e. Section d'huile chaude

Cette section est utilisé comme source de chaleur pour le troisième réchauffeur, les rebouilleurs et finalement pour le gaz naturel de régénération utilisé à la section de déshydratation .l'huile sort du four à une température de **1800°C**.

f. Section de stockage des produits

Il existe deux types de stockage :

f.1 Stockage à température ambiante

Prévu pour la commercialisation du gaz à l'échelle nationale, le chargement camions se fait à partir des **04 sphères** ayant une capacité de **500m³** chacune dans lesquelles sont stockés le propane et le butane sous pression.



Figure I. 3 : Les sphères de stockages.

f. 2 Stockage à basse température

Les gaz réfrigérés sont véhiculés aux bacs ou ils seront stockés dans les conditions de basse température sachant que la capacité de chacune est **70.000 m³** et sont munis de pompes immergées pour la circulation du gaz et le chargement navires.



Figure I. 4 : Bacs de stockage des produits finis GPL

g. Section chargement par camion (cc)

S'occupe de la gestion d'enlèvement par camion au niveau de la rampe de chargement par camion (Client NAFTAL et les opérateurs privés). Grace au système de control distribué (**DCS**) à travers tous le complexe , on peut visualiser et avoir tous les renseignements .



Figure I .5 : Rampe de chargement de camions du GP1/Z

h. Section chargement de navires

Deux systèmes de chargement sont respectivement installés au bout des jetées D.1 et M.6, le débit de chargement est le suivant :

Tableau I .1 : Paramètre de chargement de navires dans les 2 jetées.

Propane	Butane
Maximum: 10 000 m ³ /h	Maximum: 10 000 m ³ /h
Jetée D.1 : 4000 m ³ /h	Jetée D.1 : 4000 m ³ /h
Jetée M.6 : 10 000 m ³ /h	Jetée M.6 : 10 000 m ³ /h



Figure I.6 : Quai de chargement de Navire du GP1/Z

i. la zone utilité

La zone utilité est une étendue de terrain du GP1Z contenant tout le matériel nécessaire au bon fonctionnement du complexe. Elle est divisée en sections:

Section Azote (N₂): L'azote est chargé par des camions à partir d'autres sociétés telles que COGIZ à l'état liquide, il est transformé en vapeur et transporté vers les installations pour travaux divers tels que chasser les gaz pour éviter le déclenchement d'étincelles.

Section gasoil: Le gasoil est chargé par des camions dans un ballon de **81.5 m³**. Il est utilisé dans les générateurs de sécurité, les turbines à gaz, les moteurs diesels,...

Section méthanol: Le méthanol est chargé par des camions dans un ballon de **22.5 m³**, il est utilisé dans le dégivrage des conduites surtout pendant l'hiver.

Section GN: Le GN est vendu au GP1Z par RTO, il arrive avec une pression de **50 bars** et à la température ambiante. Il subit un réchauffement par la vapeur d'eau dans un échangeur. Deux vannes sont responsables de la distribution du GN aux différents équipements et doivent assurer une pression

De **25 bars**. Le GN est conduit après vers un ballon tampon où il sera prêt à être utilisé dans différents domaines tels que déshydratation, chaudière, four, cuisine, turbine à gaz, compresseur.

Section eau distillée: L'eau distillée est obtenue grâce à la société internationale de dessalement de l'eau de mer (**SIDEM**), elle est stockée dans un bac de **469 m3** et est utilisée pour alimenter les chaudières à l'aide de **02 pompes**.

Section eau industrielle: Cette eau est assurée par l'EPEOR et est utilisée dans les bâtiments et dans le refroidissement des bacs et des sphères en cas de feu (système de déluge). Le bac contenant cette eau a une capacité de **2424 m3**.

Section eau de refroidissement: On trouve dans cette section 03 pompes, un réservoir et des aéros. L'eau de refroidissement vient essentiellement du bac eau distillée et est utilisée dans le refroidissement des équipements tels que les compresseurs. Cette eau réalise un circuit fermé du réservoir où elle est aspirée puis refoulée par des pompes vers des aéros et est conduite pour refroidir l'équipement désiré et retourne chaude au réservoir.

1.3. Organigramme du complexe GP1Z

Le complexe GP1/Z est composé d'une direction et deux sous directions et des départements de contrôles [02] :

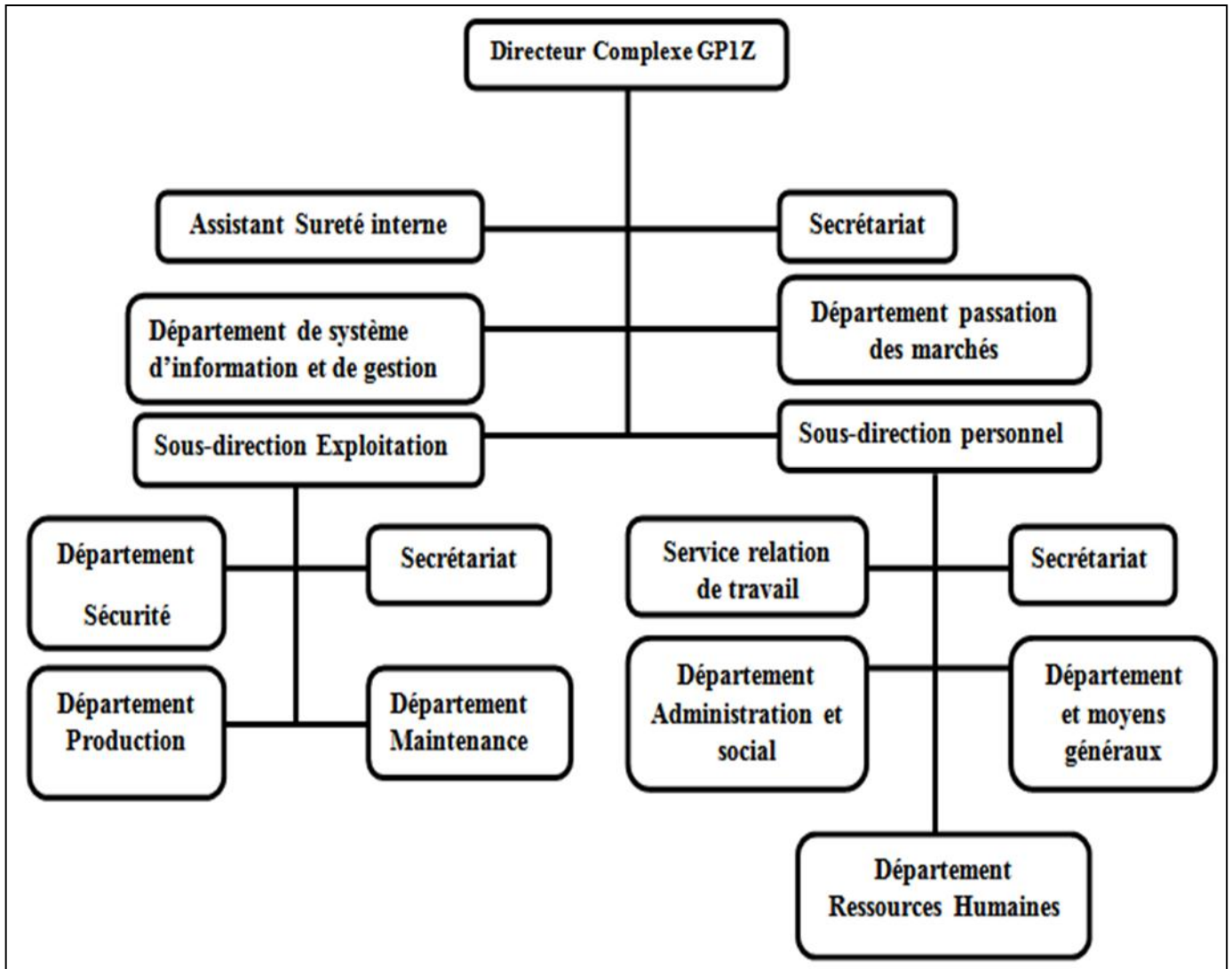


Figure I.7 : Schéma qui représente l'organigramme du complexe GP1/Z

- **Département Sécurité**

Le département Sécurité est chargé de veiller à ce qu'aucun incident ni accident ne viennent perturber la continuité de la production ou mette en danger des vies humaines ou les installations de l'unité. Pour effectuer cette tâche ce département se compose de deux services:

1-Service Prévention

Ce service met en œuvre les moyens dont il dispose afin de fournir les meilleures conditions de travail et de sécuriser toutes les interventions.

Ce service compte trois sections :

a-Section animation: Le rôle principal de cette section est de :

- Informer et sensibiliser le personnel sur les mesures de sécurité à prendre par des affiches, messages et formation.
- Faire une analyse des accidents par une méthode qui s'appelle l'arbre de cause pour éviter sa reproduction.

b- Section contrôle et suivi des travaux : Cette section a pour rôle l'inspection et le contrôle afin de sécuriser tous les travaux d'intervention sur les équipements.

-Tous les travaux de réparation ou bien de maintenance doivent être autorisés par un inspecteur de prévention, en élaborant un permis de travail (ex : permis de travail à chaud, à froid, permis de pénétration....).

c- Section Etude des Risques HSE:

Sa mission est la mise en œuvre de la politique du complexe en matière d'environnement, comme l'établissement de rapport concernant les rejets liquides, rejet atmosphérique, déchets de toutes sortes et nuisance sonores et autres.

2 - Service Intervention

Ce service est composé de deux sections :

a-Section Intervention :

Cette section intervient en cas d'urgence et à tout moment. A cet effet elle est dotée d'un système de télésurveillance audio comprenant des caméras fixes et mobiles, d'un système de communication comprenant des téléphones, des radios VHF et Gene phone, et d'un système de contrôle à distance (DCS), tous sont reliés à une salle de contrôle à distance.

En cas d'incident ou d'accident, ce service dispose d'un matériel d'intervention considérable fixe ou mobile (les camions d'intervention, les ambulances, les extincteurs, les skids, le système de déluge).

Ce service peut demander assistance aux unités avoisinantes grasse au PAM (protocole d'assistance mutuelle), Ce service s'occupe aussi de la maintenance des équipements de la sécurité.

b- Section Equipement :

Cette section s'occupe de tout ce qui est matériel de sécurité, assurer son entretien et sa disponibilité pour toute intervention.

1.4. Présentation des équipements

a) La turbine à gaz

- **Définition**

Une turbine à gaz, appelée aussi turbine à combustion, est une machine tournante thermodynamique appartenant à la famille des moteurs à combustion interne dont le rôle est de produire de l'énergie mécanique (rotation d'un arbre) à partir de l'énergie contenue dans un hydrocarbure (fuel, gaz...). La turbine à gaz est un moteur thermique réalisant les différentes phases de son cycle thermodynamique dans une succession d'organes traversés par un fluide moteur gazeux en écoulement continu.

Dans sa forme la plus simple, la turbine à gaz fonctionne selon le cycle dit de Joule comprenant successivement et schématiquement:

- une compression adiabatique qui consomme de l'énergie mécanique.
- un chauffage isobare comme pour un moteur diesel.
- une détente adiabatique jusqu'à la pression ambiante qui produit de l'énergie mécanique,
- un refroidissement isobare.

- **Description de la turbine à gaz type S3**

La Turbine à Gaz SULZER type S3 «**MANTURBO**» transforme l'énergie thermique des gaz chauds en énergie mécanique afin d'entraîner le compresseur propane.

La Turbine à Gaz est constitué essentiellement de :

- Un compresseur axial d'air.
- Une turbine génératrice de gaz.
- Une turbine de puissance.
- 04 Chambres de combustion.
- Un dispositif de commande et de contrôle.
- Des systèmes auxiliaires de gaz, d'huile et d'air.

Le turbocompresseur se compose de quatre chambres de combustion horizontales placées autour du corps de la machine, le procédé de combustion interne dans la turbine à gaz est continu.

- **Principe de fonctionnement**

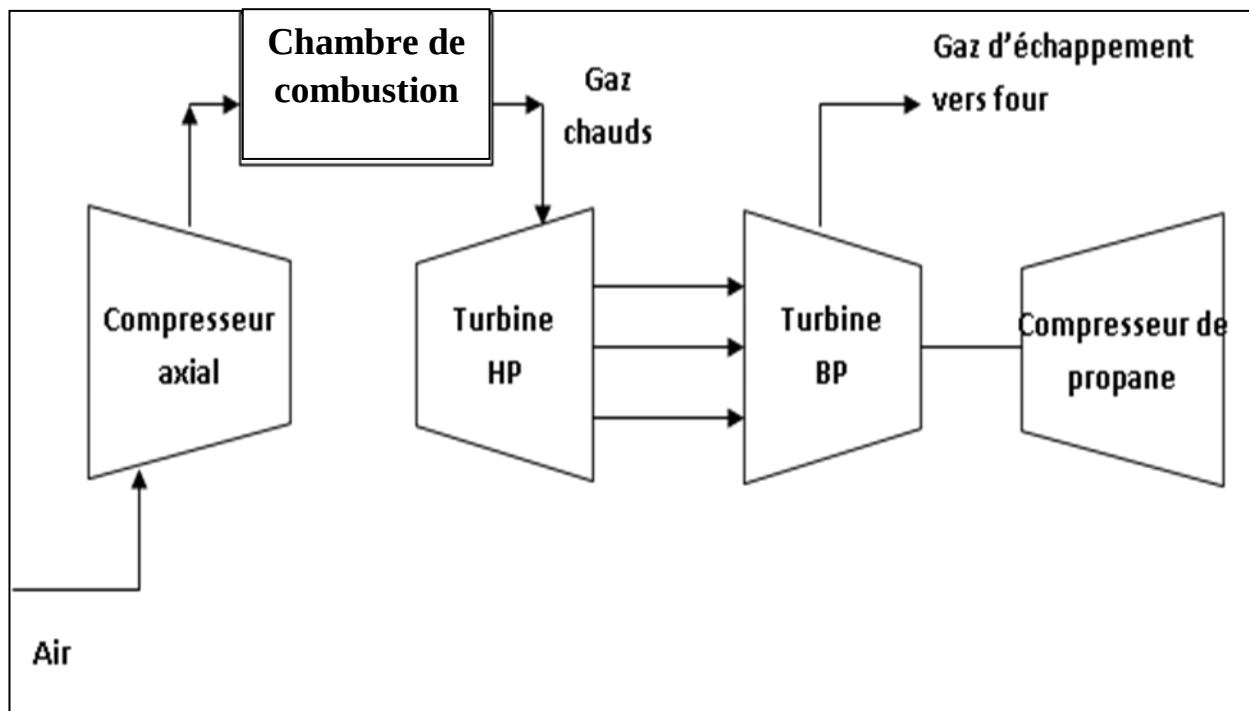


Figure I.8 : Schéma qui représente le principe de fonctionnement d'une turbine à gaz.

La turbine à gaz du type S3 a été conçue pour être construite en série pour une ligne ou deux lignes d'arbre. La version à une ligne d'arbre, par sa vitesse constante à son avantage bien défini pour l'entraînement d'alternateur. Par sa plage de fonctionnement variable la version à deux lignes d'arbre se prête pour l'entraînement de compresseur. [02]

- **Corps de la turbine à gaz**

Elle est constituée des organes suivants :

- a- Un compresseur d'air axial.
- b- Quatre chambres de combustion où s'effectue la combustion.
- c- Une turbine de détente **HP** (turbine génératrice de gaz) qui entraîne le compresseur d'air.
- d- Une turbine de détente **BP** appelée turbine libre ou turbine de puissance qui est totalement indépendante de la première et qui sert à fournir de l'énergie mécanique utile pour entraîner le compresseur de propane.

a- Compresseur d'air

C'est un compresseur axial muni de **17** étages, a un rapport de compression de plus **8:1**. une bache d'aspiration est conçue de manière à permettre l'entrée d'air au-dessous ou au-dessus selon la Disposition de l'installation adoptée. Cette bache comporte un système d'injection d'un produit granuleux sec pour le nettoyage du compresseur.

L'allumage est assuré par deux dispositifs installés dans les deux chambres latérales intérieures. Les deux autres chambres sont allumées ensuite par les premières par l'intermédiaire de tubes communicants, Les gaz quittant les quatres chambres de combustion sont dirigés à la turbine par l'intermédiaire du bâti des gaz chauds.

b- Chambres de combustion

Le bloc thermique renferme quatre chambres de combustion, l'allumage est assuré par deux dispositifs installés dans deux chambres de combustion **1** et **4** tandis que les chambres **2** et **3** sont allumées par communication.

c- Turbine génératrice de gaz et turbine de puissance

Le support d'ailettes statoriques de la turbine génératrice de gaz (TG) est logé dans le bâti extérieur à joint de séparation horizontal. Sa température est maintenue dans les limites acceptables au moyen de segment d'accumulation de chaleur, monté dans le support d'ailettes vis-à-vis des rangés d'ailettes rotoriques. Ces dernières sont fixées par des rainures en forme de cône de sapin dans les disques de la turbine. L'air comprimé est conduit au travers le rotor et le pied des ailettes rotoriques du premier étage qui sont ainsi refroidies intérieurement. En aval du troisième étage de la turbine une rangée d'ailettes directrices redresse l'écoulement de gaz avant son entrée dans le diffuseur. Les ailettes de la turbine de puissance (TP) à un étage sont fixées dans la porte comme celle de TG.

• Généralités sur les compresseurs

Dans la plupart des procédés pétrochimiques les compresseurs sont utilisés pour comprimer les gaz, d'où la nécessité d'assurer le bon fonctionnement de ces machines en toute sécurité. Il existe deux types de compresseurs :

- a- Le Compresseur alternatif : est un compresseur à piston, il est utilisé dans les applications où un grand rapport de compression est demandé.
- b- Le Compresseur rotatif : il regroupe deux types, Compresseurs axiaux et compresseurs centrifuges : les compresseurs axiaux sont utilisés là où un grand débit est demandé, par contre les compresseurs centrifuges sont utilisés pour assurer un grand rapport de compression et nécessite un faible débit.

• Caractéristiques :

- Sa conception : il est fondé horizontalement afin de faciliter les interventions de maintenance.
- Equipement à moyenne pression.
- Capacité importante de traitement.
- Fonctionnement en continue sans interruption.
- Vibrations mécaniques contrôlées.
- Démontage et remontage faciles.
- Le gaz comprimé est le propane pur.

b) La chaudière

La section Génératrice de Vapeur se compose de Chaudières produisant de la Vapeur Saturée (**180°C**) à une Pression de **10 kg/cm²** et un Débit maximum de **19T/h** chacune, afin d'assurer un fonctionnement stable et sans interruption de notre Complexe. [03]

- **Description de la Chaudière et rôle de chaque équipement**

- Un Panneau de commande : pour sélecteurs de démarrage, boutons de réarmement, signalisation des alarmes, instruments de contrôle.
- Un ensemble de Vannes de GN : Détente de GN et alimentation Pilote et Brûleur.
- Un Master : pour la Régulation de Combustion « Rapport Air/Gaz ».
- Une Cheminée : pour échappement des Gaz brûlés.
- Deux Refroidisseurs : un pour refroidir la ligne de drainage du Ballon supérieur et l'autre pour-refroidir la ligne de prise d'analyse.
- Kit d'injection de Produits Chimique : pour purifier l'Eau et maintenir un pH stable.
- Deux Soupapes vers Atm : pour soulager la Chaudière en cas de Surpression.
- Instruments de Contrôle pour avoir un fonctionnement Stable et éviter toute perturbation de la section.
- Lignes de distribution Vapeur : Equipée de trois lignes sous distributrices.
- Un By-pass de Maintien : pour alimenter le Réchauffeur de GN « E-0535 » en cas de coupure électrique et (Démarrage du Générateur de Secours.
- Un Ventilateur à Tirage Forcé : pour alimenter le Brûleur en Comburant à l'aide d'une couronne à ailettes Réglables (Tambour) actionnées par le MASTER.
- Deux Ballons Superposés Reliés entre eux par un Ensemble de Tubes ascendants et descendants : pour le remplissage du Ballon inférieur et la production de Vapeur.
- Un désaérateur + évent : pour chasser l'Air et/ou l'O₂ Dissout dans le Ballon Supérieur.

• Description de la chaudière 22-H-6501

C'est un équipement primordial dans la chaîne de production du complexe GP1/Z. Elle influence directement sur la stabilité et la continuité de production, Cette chaudière model IHI-SCM201 est alimentée par le gaz naturel comme combustible est conçu pour produire de la vapeur en température de saturation afin d'alimenter les principaux point de consommation désignés ci-après :

- Refroidissement du brûleur et surpression de fumée de la torche.
- Réchauffage vapeur de la tuyauterie.
- Utilités des bâtiments.
- Réchauffeur de glyco.
- Vaporisateur, ballons de dégazages, torches et vide vits.
- Vapeur de décokage du réchauffeur d'huile (y compris l'extinction).
- Station des utilités.
- Réchauffeur de gaz naturel.
- Ejecteur d'évacuation.
- Surchauffeur de BOG butane.

• Rôle de la chaudière

La chaudière est prévue pour le besoin normal en vapeur de l'usine de la phase 03, cependant cette chaudière est également prévue comme unité de secours pour l'ensemble de la production de vapeur des phases 01 et 02.

L'eau à travers les Tubes est chauffée par les Gazes de Combustion depuis l'extérieur puis se transforme en Vapeur Collectée dans le Ballon supérieur sous Contrôle de pression et enfin elle est distribuée par des lignes aux Utilisateurs pour la consommation.

- **Arrêt d'urgence**

Un arrêt d'urgence est un arrêt non Prévu mais nécessaire pour protéger le personnel et les installations en cas d'anomalies, Tel que :

1- Incendie (Couper le courant, Isoler le GN et Alerter la sécurité et avertir la hiérarchie).

2- Problème Mécanique (Procéder à un Arrêt Rapide en avertissant la Hiérarchie).

La M-0511 est équipée pour s'arrêter Automatiquement en cas de Manque D'utilités :

a)- Manque Gaz Naturel (Isoler par Vannes le circuit GN jusqu'à retour de ce dernier).

b)-Manque Air Instrument (Isoler par Vannes le circuit GN jusqu'à retour de ce dernier).

c)- Manque B.F.W (Procéder à un Arrêt Rapide de la Chaudière).

d)- Manque Electricité.

c) Le Four

- **Description générale des fours**

Un four tubulaire est constitué d'une enveloppe métallique de formes diverses, souvent Parallélépipède ou cylindrique.

Le four comporte une zone, dite « **zone radiation** » qui est celle où les tubes sont directement exposés à la flamme et reçoivent la chaleur principalement par radiation des produits de la combustion. En fait, cette zone est à proprement parler, la chambre de combustion où se développe la flamme. C'est en général, devant les parois de cette zone que sont placés les tubes. La plupart du temps en une rangée, parfois en deux rangées.

La zone de convection si elle existe, est installée à la sortie des fumées de la chambre de combustion. Elle est constituée d'un faisceau de tubes placé en quinconce, perpendiculairement ou parallèlement à la direction des fumées. Dans les deux cas, on cherche à obtenir une vitesse assez grande pour les fumées, de façon à augmenter, le coefficient d'échange.

Les tubes placés en zone de convection ont quelque fois leur surface extérieure, dans la partie en contact avec les fumées, recouverte d'ailettes ou d'aiguilles (studs) qui augmentent considérablement la surface d'échange.

L'enveloppe métallique du four doit être suffisamment renforcée pour résister aux actions du vent et supporter l'ensemble du faisceau tubulaire et de tôles boulonnées ou soudées sur cette charpente. Comme en générale, la chambre de combustion est en dépression par rapport à l'atmosphère du fait du tirage de la cheminée, cette enveloppe doit être suffisamment étanche pour éviter des entrées d'air parasite qui aurait un effet préjudiciable sur le rendement du four.

Les parois intérieures du four sont protégées contre les effets de la température par un garnissage réfractaire et isolant dans un but de réduire les pertes calorifiques à l'extérieur.

La cheminée de forme cylindre peut être située directement sur le four ou sur une fondation séparée. Pour un rôle de conduire les fumées. Dans l'atmosphère à une hauteur telle qu'elles ne risquent pas de gêner le voisinage, mettre la chambre de combustion en dépression et provoque ainsi l'entrée de l'air nécessaire à la combustion par les volets d'air des brûleurs. [03]

- **Description des Fours du complexe GP1Z**

Les fours du complexe GP1/Z sont de type «Lummus, Anderson »: ils sont bien adaptés pour des capacités moyennes ou importantes et peuvent fonctionner avec un taux de transfert élevé et régulier, ces fours sont constitués par deux sections. [02]

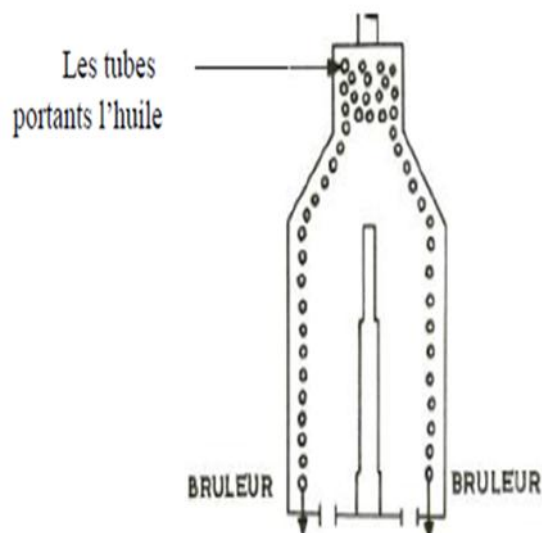


Figure I.9 : Fours de type Lummus Anderson

Dans la section de radiation les tubes sont exposés directement à la flamme et reçoivent de la chaleur principalement par radiation des produits de combustion.

Dans la zone de convection les tubes reçoivent la chaleur principalement par convection avec les gaz brûlés, en provenance, de la zone de radiation et des gaz d'échappement récupérés des turbines des trains de la phase (III).

Le four du complexe GP1/Z est à huit passes, l'huile **TORADA-TC** passe d'abord à travers la zone de convection puis par la zone de radiation.

La chaleur est donnée au four par trente (30) brûleurs utilisant comme gaz combustible un mélange entre le gaz naturel et l'éthane récupéré au niveau du dééthaniseur du train.

- **Le rôle des fours du complexe GP1Z**

- Le chauffage du fluide caloporteur qui est l'huile utilisée comme source de chaleur pour les rebouilleurs les colonnes de la section de séparation où on sépare le C4, C3 et C2.
- Le chauffage du gaz naturel utilisé pour la régénération des déshydrateurs.

1.5. Conclusion

C'est au niveau du complexe GP1/Z qu'on a effectué notre stage de fin d'études. Sa grande capacité de production du GPL nous a permis de faire ce sujet suite à la diversité des équipements à combustion stationnaire qui engendrent une quantité considérable de gaz à effet de serre.

Chapitre II :

Généralité sur les gas à effet de serre

2.1. Introduction

Les gaz à effet de serre (GES) jouent un rôle essentiel dans la régulation du climat. Sans eux, la température moyenne sur Terre serait de -18°C au lieu de $+14^{\circ}\text{C}$ et la vie pourrait ne pas exister. Or, depuis le XIX^e siècle, l'homme a considérablement augmenté la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. En conséquence, l'équilibre climatique naturel est modifié et le climat est réajusté par un réchauffement de la surface de la Terre, Dans ce contexte nous aborderons dans ce chapitre tous les concepts relatifs liés à ce sujet.

2.2. Concepts relatifs aux gaz à effet de serre

2.2.1. Définitions

- **Changement climatique**

Le changement climatique est défini par la variation de l'état du climat, que l'on peut déceler (par exemple au moyen de tests statistiques) par des modifications de la moyenne et de la variabilité de ses propriétés et qui persiste pendant une longue période, généralement pendant des décennies ou plus. Il Correspond à une modification durable du climat au niveau planétaire due à une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre (CO_2 mais aussi méthane par exemple) dans l'atmosphère. [04]

- **L'effet de serre**

L'effet de serre est un phénomène avant tout naturel de piégeage par l'atmosphère du rayonnement de chaleur émis par la terre sous l'effet des rayons solaires, Il permet une température sur Terre bien supérieure à celle qui régènerait en son absence ($+ 15^{\circ}\text{C}$ environ au lieu de -18°C en son absence).

Le groupe de gaz responsables de ce phénomène est présent dans l'atmosphère à l'état de traces, il s'agit pour l'essentiel, du gaz carbonique (CO_2), du méthane (CH_4) et du protoxyde d'azote (N_2O), de la vapeur d'eau. [05]

C'est parce que les teneurs atmosphériques de ces gaz sont naturellement très faibles que les émissions dues aux activités humaines sont en mesure de les modifier sensiblement entraînant un renforcement de l'effet de serre, et par suite, des modifications possibles du climat.

Le fonctionnement de l'effet de serre est déséquilibré par les activités humaines. L'utilisation des énergies fossiles telles que le pétrole, le charbon ou le gaz provoque une augmentation des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. C'est pourquoi la transition énergétique constitue un enjeu majeur dans la lutte du réchauffement climatique. Ce déséquilibre dans l'atmosphère provoque un réchauffement planétaire. La longue durée de vie dans l'atmosphère des gaz à effet de serre entraîne des impacts à long terme.

-Rôle de l'atmosphère dans l'effet de serre naturel

Les rayons solaires fournissent de l'énergie à la Terre. Une partie est directement ou indirectement réfléctée vers l'espace tandis que la majorité est absorbée par l'atmosphère ou la surface du globe. La chaleur à la surface de la Terre est due à la présence de GES qui renvoie vers le sol la majorité du rayonnement de surface.

La modification par rapport à une année de référence de la radiation induite par un élément est appelée forçage radiatif .un forçage radiatif positif indique une contribution positive au réchauffement climatique.

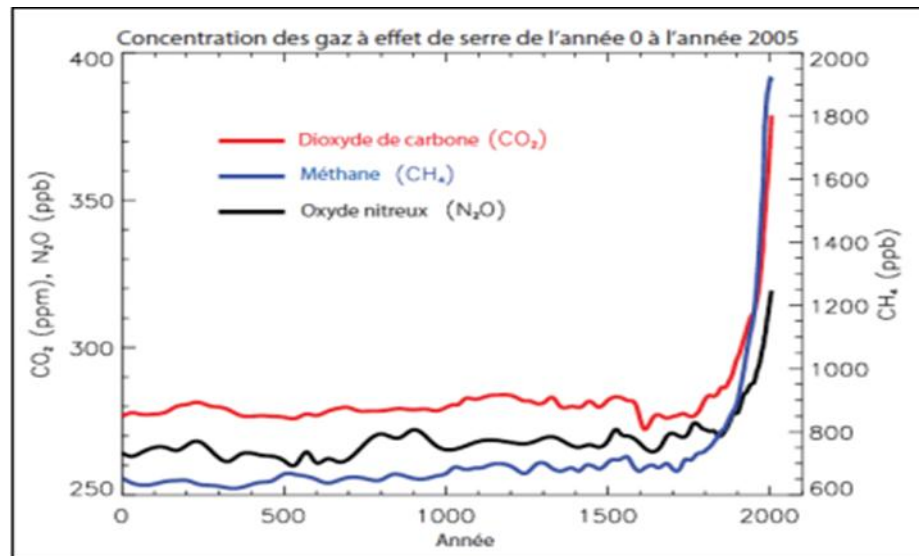
-Activités humaines et effet de serre

L'augmentation des GES par les émissions anthropiques dans l'atmosphère accroît le renvoi d'énergie vers le sol, entraînant un déséquilibre du système et provoquant l'élévation de la température terrestre.

- **Gaz à effet de serre**

Gaz qui absorbent une partie des rayons solaires en les redistribuant sous la forme de radiations qui rencontrent d'autres molécules de gaz, répétant ainsi le processus et créant l'effet de serre, d'où augmentation de la chaleur. [06]

Les gaz à effet de serre a longue durée de vie (**GESLV**), par exemple le **CO₂**, le méthane **CH₄**, ou l'oxyde nitreux **N₂O**, sont stables chimiquement et persistent dans l'atmosphère à l'échelle de la décennie de siècle voir plus long temps d'où leur influence à long terme sur le climat.



Source : LECOMTE Fabrice, Paul Broutin, Etienne Lebas, le captage de CO₂ : des technologies pour réduire les émissions de GES
.Edition TECHNIP, PARIS 2010

Figure II.1 : Concentration atmosphérique des principaux gaz à effet de serre de longue durée.

En effet, tous ces gaz à effet de serre n'ont pas la même durée de vie dans l'atmosphère ni le même impact sur le climat. Ainsi, le dioxyde de carbone a un PRG valant 1 et sert d'étalon pour les autres gaz à effet de serre.

- **Les Principaux gaz à effet de serre**

- a. **Le dioxyde de carbone (CO₂) ou gaz carbonique**

Le dioxyde de carbone, également appelé gaz carbonique ou anhydride carbonique, de formule moléculaire **CO₂**, est un gaz incolore, inerte et non toxique. Il se compose de deux atomes d'oxygène et d'un atome de carbone. [07]

Les sources naturelles de **CO₂** sont diverses :

- Éruptions volcaniques.
- Respiration des plantes, des animaux et des hommes.
- Incendies naturels de forêts.
- Décomposition de la matière organique morte.

70% des émissions de gaz à effet de serre sont du dioxyde de carbone. Ces émissions proviennent essentiellement de l'activité humaine, lors de la combustion de ressources fossiles comme le pétrole, le gaz naturel ou le charbon, pour le chauffage, le transport. Certains procédés industriels rejettent aussi du **CO₂** comme le vapocraquage ou la fabrication de ciment. Sa durée de vie dans l'atmosphère est **100 ans**.

b. Le méthane (CH₄)

Le méthane est un gaz sans couleur se composant de molécules de quatre atomes d'hydrogène et d'un atome de carbone. Le méthane est le constituant principal du gaz naturel, combustible d'origine fossile. Il est libéré dans l'atmosphère quand la matière organique se décompose dans des environnements avec de faibles niveaux d'oxygène. Il contribue fortement à l'effet de serre tandis que sa durée de vie dans l'atmosphère est de l'ordre de la décennie. [07]

Les sources naturelles incluent les terres marécageuses, les marais, les termites et les océans. Les sources synthétiques incluent l'exploitation et la brûlure des combustibles fossiles,

Depuis le début de la Révolution Industrielle, la concentration atmosphérique en méthane a plus que doublée, et a contribué à **20%** à l'augmentation de l'effet de serre, en deuxième place seulement après le dioxyde de carbone.

Les émissions sont fonction :

- De la teneur en méthane de combustibles.
- Des hydrocarbures qui n'ont pas été brûlés par le moteur.
- De type de moteur.
- Des dispositions antipollution après la combustion.

Elles dépendent de la température de la chaudière, du four.

c. Le protoxyde d'azote (N₂O)

Le **N₂O** est un gaz Inflammable et incolore, le protoxyde d'azote est un gaz issu au départ de sources naturelles, en particulier des sols et des océans terrestres. Cependant, plusieurs activités humaines se sont mises à en produire des quantités phénoménales depuis le **XXe** siècle, ce qui a conduit à la hausse progressive et conséquente de sa concentration dans l'atmosphère.

Ce gaz azoté représente **16%** de la part des émissions mondiales de gaz à effet de serre, Les émissions de N_2O liées aux activités humaines , L'industrie chimique est la seconde source par ordre d'importance (**5 % des émissions**) après le secteur agricole , car le protoxyde d'azote est utilisé dans le cadre de la fabrication de plusieurs acides (nitrique)et de certains équipements de la vie courante. [08]

Aussi appelé oxyde nitreux, le protoxyde d'azote est par ailleurs émis dans le cadre de la combustion du carburant, du transport routier avec pots catalytiques et du traitement des eaux usées.

Il bien connu sous son petit nom de “gaz hilarant”, mais ce qui est moins drôle c’est sa durée de vie dans l’atmosphère, estimée à **114 ans**. Son pouvoir de réchauffement global est de **298**.

d. La vapeur d’eau

La vapeur d’eau présente dans l’atmosphère représente le principal gaz à effet de serre. Cependant, du fait que cette vapeur soit présente de façon totalement saturée, son potentiel de réchauffement global est déjà atteint. L’être humain n’a donc aucun moyen de rectifier le tir pour ce gaz.

De la même manière, le dioxyde de carbone et la vapeur d’eau n’agissent pas sur la même gamme spectrale, c’est-à-dire qu’ils absorbent chacun de leur côté des rayonnements différents.

Il en résulte que si la vapeur d’eau restera toujours le principal gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone reste pour l’instant le principal responsable du réchauffement climatique. [07]

e. Les gaz fluorés

Les gaz fluorés sont de puissants gaz à effet de serre, Les gaz fluorés sont uniquement créés par l’homme et ne sont donc pas présents naturellement dans la nature. Quatre applications principales sont à l’origine de leurs émissions :

- Les équipements du froid, qui présentent plusieurs phases d’émissions : lors de la mise en charge, lors de la vie de l’équipement (fuite et lors des opérations de maintenance) et en fin de vie.
- Les mousses, dont la fabrication donne lieu à la majorité des émissions.
- La protection incendie, pour laquelle les émissions de fluides se produisent majoritairement lors du déclenchement du dispositif incendie et par quelques fuites potentielles lors de la vie de ce dernier.

- Les aérosols, qui diffusent les fluides lors de leur utilisation et dans une moindre mesure lors de leur fabrication.

- **Les différents types de gaz fluorés**

Les gaz fluorés sont utilisés dans diverses applications : réfrigérateurs, systèmes de refroidissement, gonflement de la mousse, commutateurs électriques, bulles d'air des chaussures de sport ou encore pneus de voiture. On retrouve parmi eux :

- Les hydrofluorocarbures (**HFC**), composés organiques formés de carbone, d'hydrogène et de fluor (six atomes de carbone au plus), principalement utilisés comme fluides frigorigènes dans les systèmes de production de froid, en extinction incendie pour des applications spécifiques, en tant que solvants pour des applications spécifiques ainsi que dans les aérosols, les agents d'expansion des mousses et les procédés de fabrication de semi-conducteurs.
- Les perfluorocarbures (**PFC**), composés organiques formés uniquement de carbone et de fluor (six atomes de carbone au plus), surtout utilisés dans les procédés de fabrication de semi-conducteurs et pour des applications diverses et ciblées sur d'autres secteurs, par exemple en diélectrique ou en fluides de transfert de chaleur (en application confinée ou en application ouverte). Les émissions atmosphériques de PFC proviennent également de la formation de PFC lors du procédé de première fusion de l'aluminium, par effet d'anode.
- L'hexafluorure de soufre (**SF6**), gaz intervenant comme diélectrique dans les équipements électriques (commutateurs et transformateurs haute et moyenne tension), est également utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs. L'emploi du SF6 comme gaz inertant dans la production de magnésium génère également des émissions atmosphériques de SF6.

La part des gaz fluorés dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre est de **1,1%**.

Même s'ils représentent une petite partie des gaz à effet de serre, ils sont considérés comme puissants, et représentent donc une menace pour l'environnement. [07]

2.2.2. Les impacts des GES

Les gaz à effet de serre engendrerait des phénomènes climatiques et météorologiques extrême et bien plus fort qu'à **1,5°C** comme : [09]

A. Sur l'environnement

- L'augmentation de la température moyenne.
- L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes : sécheresses, vagues de chaleur, inondations, précipitations intenses... endommagent fortement les récoltes, dégradent les terres cultivables et mettent en difficulté les élevages.
- Une perturbation généralisée des écosystèmes terrestres, d'eaux douces et marines dans toutes les régions du monde.
- Des épisodes de canicules.
- De Fortes précipitations.
- Des sècheresses intenses.
- Les vagues de chaleur estivales deviendraient plus fréquentes et plus longues, ce qui engendrerait des sécheresses agricoles sans précédent.
- Les pluies extrêmes seraient plus intenses, notamment en hiver.
- Les pluies acides.
- Les risques d'incendies de forêts seraient plus élevés dans de nombreux territoires.

Certains impacts sont déjà visibles comme l'élévation du niveau moyen de la mer, la fonte des glaces, l'érosion de la biodiversité et des écosystèmes, ou encore la lutte contre la pauvreté.

B. Sur la santé physique et mentale

Les événements météo extrêmes affectent la santé de plusieurs manières : outre les décès directement causés, ils facilitent l'émergence de maladies, peuvent réduire la qualité de l'air, freiner les chaînes d'approvisionnement ou les réseaux de transport et ainsi augmenter l'insécurité alimentaire.

- Les conséquences du changement climatique sur la santé mentale, avec notamment une forte anxiété liée à la hausse des températures et la perte des moyens de subsistance, mais aussi des traumatismes causés par les catastrophes naturelles. La précarité générée par ces épisodes augmente par ailleurs le risque de violences.

- Le **CO₂** modifie le rythme respiratoire chez les personnes fragiles ou souffrant d'insuffisances respiratoires. Des niveaux supérieurs à **1000 ppm (0,1 %)** en milieu clos peuvent entraîner des crises d'asthme.
- Cancer de la peau, cataracte, et déficience du système immunitaire.
- Explosion des maladies à vecteurs.
- Propagation des virus.
- Développement des maladies cardiovasculaires.

2.2.3. Termes relatifs au GES

■ GIEC

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (**GIEC**) est l'organe des Nations Unies chargé d'évaluer les travaux scientifiques consacrés aux changements climatiques. Créé en **1988** par le Programme des Nations unies pour l'environnement (**PNUE**) et l'Organisation météorologique mondiale (**OMM**), il a pour mission de fournir aux décideurs, à intervalles réguliers, des évaluations scientifiques concernant les changements climatiques, leurs conséquences et leurs risques et de présenter des stratégies d'adaptation et d'atténuation. La même année, l'Assemblée générale des Nations Unies approuvait cette initiative de l'**OMM** et du **PNUE**. Le **GIEC** compte **195** États Membres. [05]

Le GIEC compte trois groupes de travail: le Groupe de travail I se charge des éléments scientifiques de l'évolution du climat, le Groupe de travail II des conséquences, de l'adaptation et de la vulnérabilité, et le Groupe de travail III de l'atténuation du changement climatique. Il compte également une Équipe spéciale pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre qui élabore des méthodes afin de mesurer les émissions et les éliminations de gaz à effet de serre. Au sein du GIEC, l'Équipe spéciale pour les données servant aux évaluations du changement climatique fournit au Centre de diffusion de données des indications sur la conservation, la traçabilité, la stabilité, la disponibilité et la transparence des données et des scénarios afférents aux rapports du GIEC.

■ **Potentiel de Réchauffement Global– PRG**

Indice, décrivant les caractéristiques de radiation de gaz à effet de serre bien mélangés, représentant l'effet combiné de la durée de vie de ces gaz dans l'atmosphère et leur efficacité relative pour absorber le rayonnement infrarouge sortant. Cet indice donne l'approximation de l'effet de réchauffement dans le temps d'une masse unitaire d'un gaz à effet de serre donné dans l'atmosphère, par rapport à celui du dioxyde de carbone. [05]

Il existe plusieurs ensembles différents de valeurs du GWP, dérivés de différents « **rapports D'évaluation** » publiés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais).

■ **Émissions de Gaz à effet de serre**

Libération d'un GES dans l'atmosphère. [05]

■ **Suppression des Gaz à effet de serre**

Retrait d'un GES de l'atmosphère par des puits de GES. [05]

■ **Facteur d'émissions de GES**

Coefficient rapportant les données d'activité des GES aux émissions de GES, Un facteur D'émission de GES peut inclure un facteur d'oxydation.

■ **Facteur de Suppression de GES**

Coefficient rapportant les données d'activité des GES aux suppressions des GES, Un facteur de Suppression de GES peut inclure un facteur d'oxydation.

■ **Émissions directes de GES**

Émissions de GES dont la source est contrôlée par l'organisme. [05]

■ **Émissions indirectes de GES**

Emission de GES provenant de la production de l'électricité, de la chaleur ou de la vapeur importée et consommée par l'organisme. [05]

■ Puits

Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol, ou un précurseur d'un gaz à effet de serre. Indiqué dans les étapes finales de la notification par le signe moins (-). [10]

■ Source de GES

Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'atmosphère un gaz à effet de serre, un aérosol ou un précurseur de gaz à effet de serre. Indiqué dans les étapes finales de la notification par le signe plus (+). [10]

■ Réservoir de GES

Composant du système climatique, autre que l'atmosphère, capable de stocker, d'accumuler ou d'émettre une substance préoccupante (ex. : du carbone, un gaz à effet de serre ou un précurseur). Les océans, les sols et les forêts sont des exemples de réservoirs de carbone. [10]

■ Equivalent dioxyde de carbone

Mesure utilisée pour comparer différents gaz à effet de serre et basée sur leur Potentiels de Réchauffement Global (**PRG**). Les PRG sont calculés comme le rapport entre le forçage radiatif d'un kilogramme de gaz à effet de serre émis dans l'atmosphère et celui d'un kilogramme de **CO₂** sur une période donnée (**en général 100 ans**). [11]

Remarque : Les concentrations de polluants dans l'atmosphère sont exprimées le plus souvent en microgrammes par mètre cube (**µg/m³**).

2.2.4. Les émissions de GES dans le secteur pétrolier et gazier

La plupart des systèmes énergétiques sont principalement basés sur la combustion de combustibles fossiles. Lors de la combustion, le carbone et l'hydrogène des combustibles fossiles sont convertis principalement en dioxyde de carbone (**CO₂**) et en eau (**H₂O**), libérant l'énergie sous forme de chaleur.

Cette chaleur est généralement utilisée directement ou indirectement avec quelques pertes de conversion pour produire de l'énergie mécanique, souvent pour produire de l'électricité ou pour le transport.

Le secteur de l'énergie est généralement le secteur le plus important dans les inventaires des émissions de gaz à effet de serre.

Ce secteur contribue généralement à plus de **90 %** des émissions de **CO₂** et **75 %** des émissions totales de gaz à effet de serre dans les pays développés. Le CO₂ représente généralement 95 % des émissions du secteur de l'énergie, le méthane et l'oxyde nitreux étant responsable du reste. [12]

- **Les activités d'émissions dans l'industrie du pétrole et du gaz**

Les sources d'émissions décrites ci-dessous sont des sources potentielles, c.-à-d. que certaines d'entre-elles peuvent être absentes de certains sites. [11]

- Exploration et production (ressources conventionnelles).
- Traitement de gaz.
- Stockage de gaz naturel et opérations de GNL.
- Transport et distribution de liquides.
- Transport et distribution de gaz naturel.
- Raffinage.
- Industrie pétrochimique.
- Génération d'électricité et de chaleur / vapeur.

- **Les sources d'émission de GES dans l'industrie pétrolière**

Les émissions de GES de cette industrie proviennent d'une très large variété de sources qui peuvent être regroupées pour faciliter leur comptabilisation dans les principales catégories suivantes. [11] :

- a- **Les émissions de combustion, incluant les sources stationnaires et mobiles**

- ❖ Les sources stationnaires de combustion qui constitue la part la plus importante des émissions de l'industrie pétrolière et qui résulte de la combustion dans les équipements de production de chaleur et d'énergie tel que : les fours, les chaudières, les turbines, les moteurs et autres torches et incinérateurs.

- ❖ Les sources mobiles constituées par les émissions de tous les nombreux moyens de locomotion utilisé par l'industrie du pétrole tel que : tankers, avions, camions, trains, et autres véhicules de transport de personnes ou de marchandise. Malgré la large utilisation de ces moyens leurs contributions restent faibles devant les sources stationnaires de combustion.

b- Les émissions de ventilation et rejets de procédé

- ❖ Ces émissions résultent de l'utilisation de procédés physiques ou chimique de traitement ou séparation utilisés dans cette industrie, On peut citer : les rejets de **CO₂** lors du traitement de gaz naturel ou ceux du méthane lors de la stabilisation des huiles sur le champ de production.

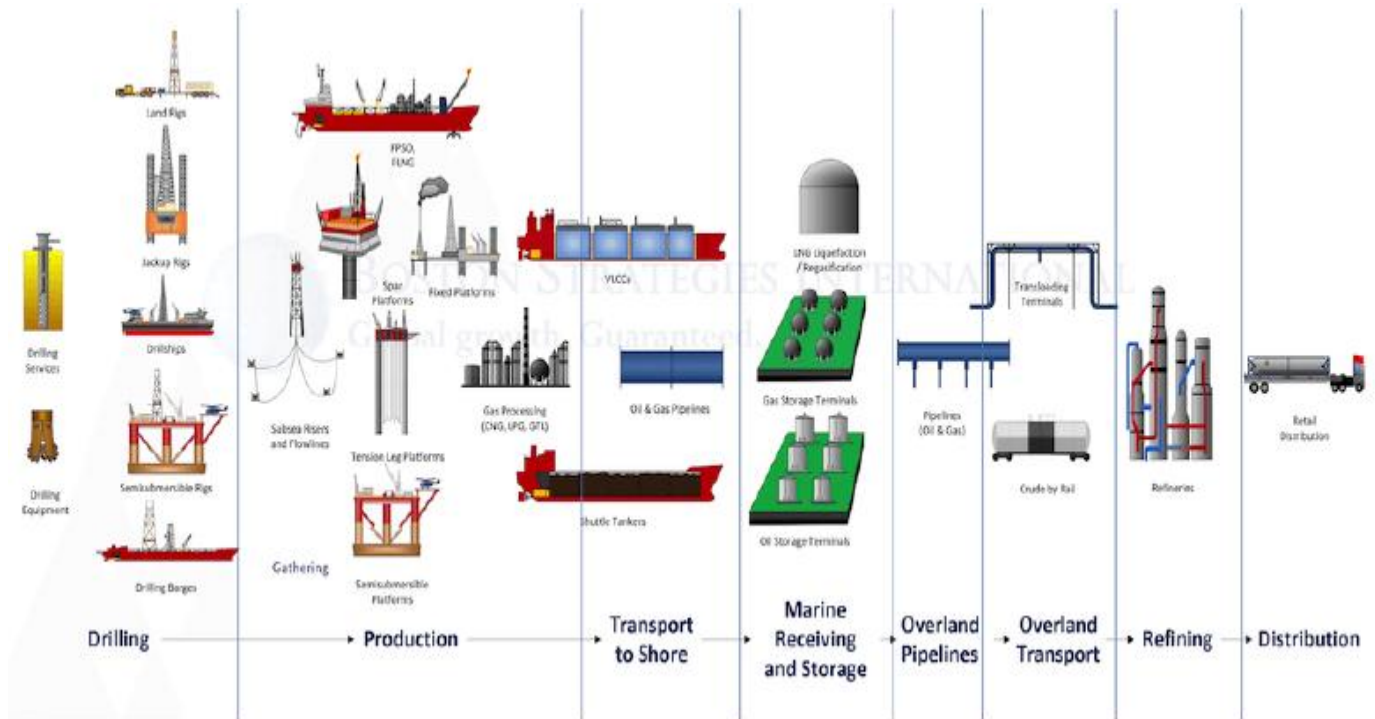
c- Les émissions fugitives

- ❖ Ces émissions résultent des fuites se produisant sur les joints, raccords, tubulures et vannes. Ce genre d'émissions est de tout temps contrôlé au vu des risques que telles fuites peuvent occasionner dans l'industrie des hydrocarbures et sont généralement insignifiantes. dans le transport du gaz par canalisation les émissions fugitives de méthane peuvent devenir significatives.

• Les GES émis par l'industrie pétrolière

De par la nature de cette industrie, toutes les compagnies auront à enregistrer des émissions de **CO₂**, **CH₄** (lors de processus de production, traitement ou combustion) et à un degré moindre du **N₂O** (issu de la combustion), Les **HFCs**, **PFCs**, et **SF₆** ne sont pas directement liés à l'industrie pétrolière, mais peuvent se retrouver dans certaines opérations ou secteurs de celle-ci :

- Les **HFCs** se retrouvent dans les systèmes de réfrigération, refroidissement et conditionnement d'air mobile ou fixe.
- Les **HFCs** et **PFCs** sont utilisés aussi comme solvant en pétrochimie ou dans certains systèmes d'extinction des feux.
- Le **SF₆** est utilisé comme isolant dans les équipements électriques de haute tension. Il a été utilisé comme traceur ou détecteur de fuite sur les pipelines.



Source : Graphics09 PPT/API/Figure02_09.fh11

Figure II.2 : Schéma des émissions de GES de l'industrie du pétrole et du gaz naturel.

2.3. Caractéristiques des combustibles

■ La combustion

La combustion c'est une réaction chimique dégageant de la chaleur, elle s'obtient en faisant agir un combustible (réducteur) avec un comburant (oxydant) dont l'ensemble constitue le milieu réactionnel.

Le combustible et le comburant réagissent entre eux pour donner des sous-produits de combustion, Dans la majorité des combustions industrielles, les systèmes réactionnels sont constitués de :

- Un combustible sous forme de charbon, d'hydrocarbures liquides ou gazeux, de gaz sidérurgique.
- Un comburant sous forme d'un composé oxygéné tels que l'air ou l'air sur oxygéné.

Dans le cadre des inventaires, la combustion de carburant peut être définie comme l'oxydation intentionnelle de matière dans un appareil conçu pour fournir de la chaleur ou un travail mécanique a un procédé.

Pour écrire les équations de combustion ou établir des bilans massiques exprimant la conservation des espèces chimiques, il est nécessaire de connaître :

- D'une part, la nature du combustible est celle du comburant à travers leurs formulations chimiques ou leur analyse élémentaire.
- D'autre part, les proportions relatives de ces deux réactifs dans le milieu réactionnel. [13]

■ Les combustibles

Les combustibles sont des matières organiques (végétales et animales) ayant subi des transformations physico-chimique provoquées par des phénomènes de :

- Pression, due à un enfouissement anaérobique (mines, gisements).
- Température.
- Stockage de très longue durée (centaines de millions d'années). [14]

Les combustibles sont des mélanges complexes dans lesquels on retrouve les éléments chimiques suivants : Carbone **C** =12, hydrogène **H**=1, oxygène **O** =16, azote **N** =14, soufre **S**=14.

En dehors des hydrocarbures purs de type C_nH_m les combustibles sont connues plutôt par leur composition pondérale (cas de liquides et solides) ou volumiques (cas de gaz), on entend par hydrocarbures purs les composés hydrocarbonés exclusivement constitués de carbone et d'hydrogène. Les quatre grandes familles hydrocarbures sont les suivants :

- Série des paraffines à chaîne ouverte saturé.
- Série des paraffines à chaîne fermée saturé.
- Série des oléfines.
- Série des Aromatique.

■ Caractéristiques communes des combustibles

Composition élémentaire chimique générale : carbone, hydrogène et soufre (+oxygène, azote.....),

On distingue différents types de combustibles :

- Solides : Matière d'origine végétale transformée progressivement en tourbe, lignite, houille et anthracite.
- Liquides et Gazeux : matière organique animale transformée en pétrole et gaz combustible.
- Bicom bustibles : Bois de chauffage, Charbon de bois, Biocarburants, Biogaz.
- Déchet : matières Biodégradables ou non.

Plus un combustible est dense, plus il contient de carbone.

Les principaux critères de comparaison sont :

- Le pouvoir calorifique (**PCI** ou **PCS**).
- Les émissions de **CO₂**.
- D'autres critères sont aussi importants à connaître : manutention, stockage, sécurité, pollution (Soufre, **N₂**).

■ Le comburant

Le comburant est constitué d'oxygène plus au moins dilué d'azote, il répond à la forme générale **O₂+N**.

■ Le Pouvoir Calorifique

La chaleur produite par la combustion d'une masse de **1 kg** de combustible est appelée « **le pouvoir calorifique** » celle-ci est exprimé en **MJ/Kg**, se mesure de deux façons le pouvoir calorifique supérieur (**PCS**) et le pouvoir calorifique inférieur (**PCI**). [05]

Le pouvoir calorifique d'un combustible (ou d'un carburant) est l'énergie (par unité de masse) libérée par sa combustion a pression constante et dans les conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire **0°C** et **1013 mbar**).

■ Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI)

Le PCI c'est l'énergie thermique libérée lors de la combustion complète d'une unité de combustible, à l'exclusion de la chaleur latente issue de la vapeur d'eau. [06]

■ Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS)

Le PCS c'est l'énergie thermique (par unité de masse) libérée lors de la combustion complète d'une unité de combustible, celle-ci comprend : la chaleur dégagée par la combustion appelée « **chaleur sensible** » et la chaleur issue de la vapeur d'eau (fumé) produite par la combustion, condensée et ramené à l'état liquide appelé « **Chaleur Latente** ». [06]

Tableau II .1 : Quelques exemples de pouvoir calorifique inférieur (PCI)

Combustible	PCI (GJ/T)
charbon à coke	28,2
Lignite	11,9
Coke de pétrole	32,5
Ordures ménagères	10
Fioul Lourd HTS/BTS/ TBTS	40,4
FOD /GAZOLE	43,0
GN	48,0
GPL	47,3

Source : GIEC 2006, chapitre 01, Introduction

■ Différence entre PCI et PCS

Chaque combustible contient une certaine quantité d'hydrogène qui en réagissant avec l'oxygène de l'air, forme de la vapeur d'eau. la formation de vapeur d'eau requiert de l'énergie, Cette énergie ou chaleur est appelée la chaleur latente d'évaporation fournie par la combustion du combustible disponible, Pour l'évaporation d'un kilogramme d'eau, il faut environ **2500 KJ/Kg**.

■ La Chaleur de combustion

La thermodynamique nous indique que la chaleur de combustion, repérée dans les conditions standards par le symbole ΔH°_{298} , est égale à la différence entre les chaleurs de formation des produits et celle des réactifs. Dans l'industrie cette chaleur de combustion n'est autre que le pouvoir calorifique (Cp).

■ Les polluants

Dans une installation de combustion, les polluants sont :

Liés aux combustibles :

- **CO₂** : dépend du contenu en C du combustible.
- **Soufre** : les divers combustibles sont plus au moins soufrés.
- **Azote** : l'azote du combustible se transforme en **NOX**.
- **Métaux Lourds** : les combustibles contiennent des métaux lourds à l'état de trace.

Générés par la combustion :

- Imbrulés solides (particule, carbone suie).
- **CH₄** et **N₂O**.
- **CO** et **COV** (Composé Organique Volatils).
- **NOX** thermiques.

■ Pouvoir Combustif

Le pouvoir Combustif d'un combustible est la quantité d'air qu'il est nécessaire de lui fournir pour assurer la combustion complète, et neutre stœchiométrique, c'est-à-dire sans excès d'air. Autrement dit c'est la quantité d'air comburant nécessaire et suffisante pour brûler **1 Kg** de combustible solide ou liquide (pour les gaz le pouvoir Combustif est apporté au mètre cube normal de combustible). [07]

Nous désignons P_a le pouvoir Combustif exprimé en Kg d'Air par Kg de combustible et V_a pouvoir Combustif exprimé en **Nm³** d'air. [06]

■ Pouvoir fumigène

Le pouvoir fumigène est la quantité de produit de combustion gazeux émise par la combustion stœchiométrique théorique de l'unité de volume ou de masse de combustible. Autrement dit c'est la quantité de fumée produite par la combustion neutre d'un Kg de combustible solide ou liquide ou **1 m³** de gaz, Le pouvoir fumigène s'exprime:

- En Nm^3 de produit de combustion ou fumée par Nm^3 de combustible gazeux.
- En Nm^3 de fumée par **Kg** de combustible liquide ou solide.
- En **Kg** de fumée par **Kg** de combustible.

■ Pouvoir fumigène humide

L'eau produit par la combustion est à l'état vapeur. C'est la quantité réelle de produits gazeux qu'il faudrait évacuer au cours d'une combustion théorique bien que, par définition le volume soit ramené aux conditions **TPN**.

■ Pouvoir fumigène sec

L'eau produite par la combustion est supposée condensée. Dans ces conditions, on ne tient compte que des produits gazeux CO_2 et N_2 .

2.4. Concepts relatifs au processus d'inventaire des GES

■ Inventaire

Un inventaire d'émission est une représentation qualitative et quantitative des rejets de substances dans l'atmosphère (gaz à effet de serre, polluants) provenant des différentes sources émettrices d'origines anthropique ou naturelle durant une période et sur un espace définis.[11]

■ Données d'activité des GES

Mesure quantitative de l'activité occasionnant l'émission de GES ou la suppression de GES, Exemple : Quantité d'énergie, de combustibles ou d'électricités consommées, de matériaux produits, de service fourni, ou superficie de terre affectée. [11]

■ Données primaires

Valeur quantifiée d'un processus ou d'une activité, issue d'une mesure directe ou d'un calcul fondé sur des mesures directes, Les données primaires peuvent comprendre des facteurs d'émission de GES ou des facteurs de suppression de GES et/ou des données d'activité des GES. [11]

■ Données spécifiques au site

Données primaires obtenues à l'intérieur du périmètre organisationnel.

■ Données secondaires

Données issues de sources autres que des données primaires.

■ Année de l'inventaire et séries temporelles

Les inventaires contiennent des estimations pour l'année calendrier au cours de laquelle les émissions dans l'atmosphère (ou les absorptions) ont lieu. Lorsque les données nécessaires à l'application de ce principe manquent, les émissions/absorptions peuvent être estimées en utilisant des données d'autres années et en leur appliquant des méthodes appropriées telles que la méthode de la moyenne, l'interpolation et l'extrapolation. Une séquence d'estimations annuelles d'inventaires de gaz à effet de serre (par ex. chaque année de **1990** à **2000**) est appelée une série temporelle. Au vu de l'importance de dégager les tendances des émissions dans le temps, on doit s'assurer que les séries temporelles d'estimations sont aussi cohérentes que possible. [11]

■ Bonnes pratiques

La définition d'un inventaire conforme aux bonnes pratiques est un inventaire dont les estimations ne sont ni surestimées ni sous-estimées autant qu'on puisse en juger et dont les incertitudes sont réduites autant que possible. [11]

■ Catégorie de source clé

Le concept « **catégorie de source clé** » est utilisé pour identifier les catégories qui ont une influence importante sur l'inventaire total de gaz à effet de serre en termes de niveau absolu d'émissions et d'absorptions, de tendance des émissions et absorptions, ou d'incertitudes des émissions et absorptions. Elles doivent être considérées comme la priorité lors de l'affectation des ressources de l'inventaire, à la collecte des données de l'inventaire, dans les processus d'assurance/contrôle de la qualité et dans l'établissement des rapports. [11]

■ Diagrammes décisionnels

Des diagrammes décisionnels pour chaque catégorie permettent à la structure chargée de l'inventaire de sélectionner le niveau de méthodologie approprié sur base de l'évaluation de ses catégories de source clés. En général, les bonnes pratiques recommandent d'utiliser des méthodes de

niveau plus élevé pour les catégories de source clés, à moins que les besoins en ressources à cet effet ne soient prohibitifs. [11]

■ Émissions et absorptions anthropiques

L'expression « **émissions et absorptions anthropiques** » signifie que les émissions et absorptions de gaz à effet de serre présentées dans les inventaires nationaux résultent d'activités humaines. [11]

■ Niveaux

Un niveau représente un niveau de complexité méthodologique. En règle générale, trois niveaux sont fournis. Le niveau 1 est la méthode de base, le niveau 2 la méthode intermédiaire et le niveau 3 la méthode la plus exigeante en termes de complexité et de données requises. Les niveaux 2 et 3 sont quelquefois appelées méthodes de niveau supérieur et sont généralement considérées comme plus exactes. [11]

■ Rapport sur les inventaires

Un rapport sur les inventaires de gaz à effet de serre inclut un ensemble de tableaux de présentation type couvrant tous les gaz, catégories et années pertinents, ainsi qu'un rapport écrit qui documente les méthodologies et les données utilisées pour préparer les estimations. [11]

■ Sous-catégorie significative

Pour chaque catégorie de source clé, il est possible de déterminer si certaines sous-catégories de source sont particulièrement significatives (c'est-à-dire représentent une partie importante des émissions). À cette fin, on classe généralement les sous-catégories selon leur contribution à la catégorie de source clé agrégée. Ces sous catégories qui contribuent ensemble à plus de 60 pour cent de la catégorie de source clé doivent être considérées comme particulièrement importantes. [11]

■ Tableaux de présentation

Les tableaux de présentation visent à donner suffisamment de détails pour permettre une présentation transparente des inventaires de gaz à effet de serre et suivre une liste de catégorie désagrégée. Ils comprennent notamment des tableaux de résumé, des tableaux sectoriels et des tableaux de tendance. [11]

■ Territoire national

Les inventaires nationaux comprennent les émissions et les absorptions de gaz à effet de serre qui ont lieu sur le territoire national et dans les zones au large des côtes qui sont du ressort du pays. [11]

2.5. Conclusion

Ce chapitre consiste à donner les principaux concepts et définitions relatifs au gaz à effet de serre, des caractéristiques des combustibles et des termes relatifs au processus d'inventaire des GES qui nous aide à bien comprendre le concept de notre thématique.

Chapitre III : Réglementation en vigueur et présentation du référentiel de SH

3.1. Introduction

Fidèle à ses engagements contractuels, l'Algérie renouvelle sa détermination à travailler avec l'ensemble des Parties Contractantes, en vue de la réalisation des objectifs de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (**CCNUCC**) à savoir l'atténuation des émissions des gaz à effets de serre et l'adaptation aux effets des changements climatiques.

A ce titre, **SONATRACH** a mis en avant des objectifs en matière de réduction de gaz à effet de serre qui sont cohérent avec ceux de sa politique **HSE**.

Nous allons parler dans ce chapitre sur les conventions internationales et nationales pour la réduction des gaz à effet de serre, la contribution de l'Algérie en mesure d'atténuation des gaz à effet de serre ainsi que la présentation du référentiel **GES** de L'entreprise **SONATRACH** pour le calcul notamment les modalités d'établissement des inventaires de gaz à effet de serre, ainsi que Méthodologie d'élaboration des inventaires selon la norme **ISO 14064-01**.

3.2. Cadre réglementaire international et national régissant les GES

3.2.1. Cadre international

- **Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques(CCNUCC)**

En **1994** la convention cadre des nations unies est entrée en vigueur, fait partie avec la Convention Internationale sur le Diversité Biologique (**CDB**), des deux conventions qui ont été signées par la communauté internationale à l'occasion du Sommet de la Terre de Rio en **1992**. [16]

En vue de considérer ce qui pouvait être fait pour réduire le réchauffement global et faire face à toute hausse inévitable des températures. Avec **197** Parties, la Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (**CCNUCC**) jouit d'une adhésion presque universelle. La **CCNUCC** met en place un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face au défi posé par les changements climatiques.

L'objectif principal de la présente convention et de tous les instruments juridiques connexes que la conférence des parties pourrait adopter est de stabiliser, conformément aux dispositions pertinentes de

la convention, les concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique.

▪ **Le Protocole de Kyoto**

Le protocole de Kyoto (entré en vigueur en **2005**) est un accord international prolongeant la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (**CCNUCC**). Premier traité international sur le changement climatique visant à éviter les impacts anthropiques dangereux pour le climat en réduisant les émissions des gaz à effet de serre.

Fut adopté au Japon, le **11 décembre 1997**. Le Protocole de Kyoto pose une limite aux grandes économies mondiales sur le rejet total des émissions de gaz à effet de serre (**GES**). Une première période d'engagements allait de **2008 à 2012**. La seconde période d'engagement a démarré le 1er janvier **2013** et s'est terminé en **2020**. Le Protocole compte **192** Parties.

Le Protocole de Kyoto prévoit une limitation des émissions de six gaz à effet de serre:

- Le Dioxyde de Carbone (**CO₂**).
- Le Méthane (**CH₄**).
- L'Oxyde Nitreux (**N₂O**).
- Les Hydrofluorocarbures (**HFC**).
- Les Hydrocarbures Perfluorés (**PFC**).
- L'Hexafluoride de Soufre (**SF₆**).

▪ **L'Accord de Paris (COP21)**

L'accord de Paris est un traité international juridiquement contraignant sur les changements climatiques. Il a été adopté par **196** parties lors de la **COP21** à Paris le **12 Décembre 2015**, et est entré en vigueur le **04 Novembre 2016**. C'est un accord universel qui représente une avancée par rapport au protocole de Kyoto qui n'avait pas associé les grands émetteurs mondiaux (**USA-CHINE**). [15]

Parmi ces objectifs est de :

- Limiter le réchauffement climatique à un niveau bien inférieur à **2°C** de préférence à **1,5°C**, par rapport au niveau préindustriel.
- Atténuation des émissions de gaz à effet de serre à long terme.

L'Accord de Paris parle de la vision d'une réalisation complète du développement et du transfert de technologies pour améliorer la résilience au changement climatique et réduire les émissions de GES. Il établit un cadre technologique pour fournir une orientation générale au mécanisme technologique qui fonctionne bien.

Ce dernier réaffirme que les pays développés doivent prendre l'initiative d'apporter une aide financière aux pays moins bien dotés et plus vulnérables, tout en encourageant pour la première fois les contributions volontaires des autres parties. Le financement du climat est nécessaire pour les mesures d'atténuation.

▪ **Pacte de Glasgow pour le climat (COP26)**

La conférence des Nations Unies sur les changements climatiques qui s'est tenu à Glasgow du **1er à 13 novembre 2021** constitue un compromis et cela c'est le fruit de négociations intenses entre près de **200** pays au cours de deux semaines, cette série de décision consolide l'accord mondial visant à accélérer l'action sur le climat au cours de cette décennie, L'accord prévoit des délais plus stricts pour que les gouvernements mettent à jour leurs plans de réductions des émissions.

Les points approuvés par la COP26 :

- Réduction progressive d'électricité produite à partir du charbon et une suppression progressive des subventions inefficaces aux combustibles fossiles.
- Les émissions de dioxyde de carbone doivent être impérativement réduites de **45 %** pour atteindre l'objectif de zéro émission nette vers le milieu du siècle.
- Augmenter considérablement les financements destinés à protéger les vies et les moyens de subsistance, qui ne représentent jusqu'à présent qu'environ **25 %** de l'ensemble des financements en faveur de l'action climatique (**75 %** étant consacrés aux technologies vertes visant à atténuer les émissions de gaz à effet de serre).
- Compléter le règlement de l'accord de paris.

3.2.2. Cadre national

L'Algérie a adhéré à toutes les conventions, protocoles et accords internationaux, pour faire face aux changements climatiques et les a traduits, à l'échelle nationale, par un arsenal de textes législatifs

et réglementaires pour honorer ses engagements à réduire de façon significative les émissions de gaz à effet de serre.

Ci-joint un recueil des textes législatifs et réglementaires adoptés par l'Algérie :

❖ Décret présidentiel **N°93-99 du 10 avril 1993** portant ratification de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques adoptée par l'assemblée générale des Nations unies , le **9 mai 1992**.

❖ Décret présidentiel **N°04-144 du 28 avril 2004** portant ratification du protocole de Kyoto à la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, fait à Kyoto, le **11 décembre 1997**. (JO n° 29 du 09/05/2004, p.04 à 15).

❖ Décret présidentiel **N°16-262 du 13 octobre 2016** portant ratification de l'accord de Paris sur les changements climatiques, adopté Paris le **12 décembre 2015**.(JO N°60 du 13 octobre 2016, p.03 à 13)

❖ Loi **N°03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. (JO N°43 du 20/07/2003, p.06 à 19)

❖ Décret exécutif **N°06-138 du 15/04/2006** réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle. (JO n°24 du 16/04/2006, p.11 à 15).

3.2.3. Contribution de l'Algérie en matière d'atténuation GES

L'Algérie a établi une feuille de route pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre de 7 à 22%, à l'**horizon 2030**, par rapport à un scénario de référence , subordonnée aux soutiens en matière de financements extérieurs, de développement et de transfert technologique et de renforcement des capacités. [01]

▪ Instruments de mise en œuvre, de suivi et de réajustement

2. Comité National Climat.
3. Agence Nationale des Changements Climatiques.
4. Plan National Climat.
5. Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (**PNAE-DD**).
6. Cadre juridique.

7. Système national de Mesurabilité, de Reporting et de Vérification MRV (2016-2020).

▪ Principales actions projetées

Subordonnées aux soutiens en matière de financements extérieurs, de développement et de transfert technologique et de renforcement des capacités. Opérer une transition énergétique et une diversification économique pour atteindre les objectifs de développement durable de l'Algérie.

▪ Actions phares du secteur de l'Energie

-Atteindre **27%** de la production nationale d'électricité à partir des Energies Renouvelables à

L'horizon **2030**.

-Généralisation de l'éclairage performant.

-Isolation thermique de logements entre **2021** et **2030**.

-Augmentation des parts du gaz de pétrole liquéfié et du gaz naturel dans la consommation de

Carburants entre **2021** et **2030**.

-Réduire à moins de **1%** le volume des gaz torchés à l'horizon **2030**.

▪ Mesures d'adaptation

L'Algérie ambitionne de développer un plan national d'adaptation aux changements climatiques dans le cadre de la finalisation de sa contribution et ce en vue de la promotion d'une société et d'une économie plus résilientes aux effets des changements climatiques : La priorité étant donnée à la protection des populations, à la préservation des ressources naturelles et des infrastructures de base contre les risques des phénomènes extrêmes.

L'ambition d'atténuation des GES, affichée par l'Algérie dans sa CPDN provisoire, s'appuie sur quatre piliers : un outil institutionnel représenté par l'Agence Nationale des Changements Climatiques, un mécanisme de coordination et de suivi, représenté par le Comité National Climat, la feuille de route climat de l'Algérie à travers le Plan National Climat ainsi que le système national MRV (Mesurabilité, Reporting et Vérification) qui a été mis en place.

La stratégie climatique de l'Algérie est formalisée dans le Plan National Climat qui vise, notamment, le renforcement de la mobilisation des ressources en eau, la lutte contre les inondations, la protection du littoral, la lutte contre la sécheresse et la désertification et l'augmentation de la résilience des écosystèmes et aux changements climatiques.

3.3. Présentation du référentiel GES de SONATRACH

3.3.1. Objectif du référentiel

- ❖ Identification, quantification et enregistrement des émissions GES.
- ❖ Reporting des émissions aux activités et à la direction pour le suivi régulier par un système cohérent, exhaustif et fiable.
- ❖ L'amélioration continue des inventaires pour la réduction des incertitudes et tendre vers le principe de transparence, d'exactitude, de cohérence, d'exhaustivité et de comparabilité.

3.3.2. Définition du périmètre organisationnel et opérationnel des inventaires au niveau des sites de SONATRACH

L'unité de Reporting de base est le site émetteur, c'est-à-dire l'installation ou ensemble d'installations connectées entre elles présentant une unité géographique, fonctionnelle et, autant que possible, contractuelle (même structure juridique et financière), qui contient une ou plusieurs sources de GES.

▪ Mode opéré et mode patrimonial

Mode opéré : Le mode opéré s'applique au périmètre opéré, c'est-à-dire l'ensemble des sites dans lesquels SONATRACH dispose du contrôle opérationnel. En mode opéré, **100%** des émissions des sites inclus dans le périmètre opéré doivent être rapportées.

Mode patrimonial : Le mode patrimonial s'applique au périmètre patrimonial, c'est-à-dire à l'ensemble des sites ou actifs dans lesquels SONATRACH possède une participation, qu'ils soient opérés, non opérés ou co-opérés.

▪ Estimation des émissions de GES

Le secteur de l'énergie, tel que défini par le GIEC comprend principalement :

- La prospection et l'exploitation des sources d'énergie primaire.
- La conversion des sources d'énergie primaire sous forme d'énergie plus utile dans les raffineries et les centrales électriques.
- La transmission et la distribution des combustibles.
- L'utilisation des combustibles dans les applications stationnaires et mobiles.

Les émissions sont émises lors de ces activités par combustion ou sous forme d'émissions fugitives, ou s'échappent sans combustion.

▪ Catégories d'émissions de GES

Le référentiel a rapporté des méthodologies des estimations des GES pour les catégories suivantes:

▪ Émissions imputables à la combustion

Les émissions dues à la combustion pour les activités de SONATRACH se placent principalement dans les catégories définies par le GIEC.

▪ Émissions fugitives

Le référentiel rapporte des méthodologies pour estimer les émissions fugitives de **CO₂**, **CH₄** et **N₂O**.

NB : Les émissions dues au torchage et mises à l'évent font partie de cette catégorie.

Tableau III .1 : Sources de combustion fixes (Traitement de Gaz).

TRAITEMENT DE GAZ	CO₂	N₂O	CH₄
<i>SOURCES DE COMBUSTION – Sources fixes</i>			
Chaudières/Générateurs de vapeur	X	X	X
Rebouilleurs de déshydrateurs	X	X	X
Fours/Séparateurs stabilisateurs	X	X	X
Pompes à incendie	X	X	X
Générateurs avec moteurs à combustion interne	X	X	X
Moteurs de compresseurs à piston	X	X	X
Turbine de génération d'électricité	X	X	X
Turbines/Moteurs de compresseurs centrifuges	X	X	X
Torches	X	X	X
Oxydation catalytiques et thermiques	X		

3.3.3. Approches méthodologiques pour l'estimation des émissions de GES

L'approche méthodologique simple la plus générale consiste à combiner les informations sur l'étendue des activités (appelées données sur les activités ou **DA**) avec les coefficients qui quantifient les émissions ou les absorptions par unité d'activité. Ceux-ci sont appelés facteurs d'émission (**FE**). Dès lors, l'équation de base est :

$$\text{Emissions} = \text{DA} \times \text{FE}$$

Dans le secteur de l'énergie, la consommation de combustible constituerait une donnée sur les activités, et la masse de dioxyde de carbone émise par unité de combustible consommé serait un facteur d'émission.

Afin de calculer les émissions totales en **équivalent- CO_2** pour chaque gaz à effet de serre, il convient de multiplier le résultat obtenu ci-dessus par le « Pouvoir de Réchauffement Global (**PRG**) » du gaz concerné.

$$\text{Emissions Totales (eq-}\text{CO}_2\text{)} = \text{Émission CO}_2 \times 1 + \text{Émission CH}_4 \times 25 + \text{Émission N}_2\text{O} \times 298$$

Concernant les données d'activité (**DA**) pour la combustion, il s'agit généralement de quantités de combustible. Concernant les émissions fugitives, les **DA** pour une évaluation de Niveau 1 sont généralement données.

3.3.4. Choix des Facteurs d'Emission (FE)

Le référentiel a défini des facteurs d'émission pour les deux catégories d'émissions :

a) Facteur d'émission imputable à la combustion.

Les facteurs d'émission pour les combustibles les plus utilisés (**Annexe 03**).

b) Facteurs d'émission pour les émissions fugitives

« **Fugitives** » exprime toutes les émissions fugitives notamment celles imputables aux fuites fugitives des équipements, aux pertes de stockage, au recours au gaz naturel pour approvisionner les appareils fonctionnant avec du gaz (par ex : les circuits fermés de contrôle d'instrument, les pompes à

injection chimique, les démarreurs à air comprimé, etc.), et la ventilation de dégagement gazeux de distillation imputables aux déshumidificateurs de glycol.

- **Facteurs d'émissions pour le torchage (brûlage) :**

« **Brûlage** » exprime les émissions imputables à tous les systèmes de brûlage qu'ils soient continus ou d'urgence, Les facteurs d'émission pour estimer directement les émissions de **CH₄**, **CO₂** et **N₂O** à partir des volumes brûlés déclarés sont **0,012** et **2.0** et **0,000023 Gg**, respectivement pour **106 m³** de gaz brûlés.

- **Facteurs d'émissions pour la ventilation :**

«Ventilation» exprime la ventilation de gaz résiduels associés et de gaz de solution imputables aux installations de production pétrolière et les volumes de gaz résiduels imputables aux activités d'explosions, de purge et de secours d'urgence au sein des installations gazifières , Les facteurs d'émission pour estimer directement les émissions de **CH₄** et de **CO₂** à partir des volumes ventilés déclarés sont **0,66** et **0,0049 Gg**, respectivement, pour 106 m³ de gaz ventilé.

NB :

Le référentiel exige un Reporting annuel des inventaires des GES, les responsabilités, le processus de vérification de la qualité d'inventaire ainsi que les missions de chaque structure, dans ce processus de Reporting sont largement explicitées dans ce dernier.

3.3.5. Suivi, évaluation et mise à jour du référentiel

Un processus de suivi, d'évaluation et de mise à jour du référentiel est mis en place en vue de l'amélioration continue du processus d'inventaire afin de tendre vers les principes de transparence, d'exhaustivité, d'exactitude, cohérence et comparabilité.

3.4. Méthodologie d'élaboration des inventaires de quantification des émissions GES selon la norme ISO 14064-01

3.4.1. Norme ISO 14064-01:2018

Cette norme spécifie les principes et les exigences, au niveau des organismes, pour la quantification et la rédaction de rapports sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) et leur suppression. Elle comprend des exigences pour la conception, la mise au point, la gestion, la rédaction de rapports et la vérification de l'inventaire des GES d'un organisme. Cette partie de **l'ISO 14064** détaille les principes et les exigences afférents à la conception, à la mise au point, à la gestion et à l'établissement de rapports des inventaires de gaz à effet de serre pour les organismes ou les entreprises. Elle comprend

des exigences permettant de déterminer des périmètres d'émission des GES, de quantifier les émissions et les suppressions de GES d'un organisme et d'identifier les actions ou activités spécifiques d'une entreprise visant à améliorer la gestion des GES. Elle inclut également des exigences et des lignes directrices sur la gestion de la qualité de l'inventaire, la rédaction de rapports, l'audit interne et sur les responsabilités de l'organisme vis-à-vis des activités de vérification. [13]

3.4.2. Principe de quantification des émissions de GES

PERTINENCE : s'assurer que l bilan des GES reflète de façon appropriée les GES de l'organisation étudiée, et qu'il soit utile à la prise de décision des utilisateurs – qu'ils soient internes ou externes à l'organisation.

EXHAUSTIVITE : quantification et bilan de toutes les sources et activités d'émissions de GES au sein des frontières choisies pour l bilan. Révéler et justifier toute exclusion spécifique.

COHERENCE : Utiliser des méthodologies constantes pour permettre la comparaison significative des émissions dans le temps. Documenter de manière transparente toute modification dans le temps des données, des frontières de l bilan, de la méthodologie ou de tout autre facteur pertinent.

TRANSPARENCE : Résoudre les problèmes de manière factuelle et cohérente, sur la base d'un cheminement clair. Révéler les hypothèses correspondantes et faire les références appropriées aux méthodologies de quantification et de bilan utilisées ainsi qu'aux sources d'information utilisées.

PRECISION : S'assurer que la quantification des GES ne soit ni systématiquement surestimée ni systématiquement sous-estimée, et que les incertitudes sont réduites autant que possible. Atteindre une précision suffisante pour permettre aux utilisateurs de prendre des décisions avec une assurance raisonnable quant à l'intégrité des informations rapportées.

3.4.3. Les étapes d'élaboration des inventaires

Les étapes d'élaboration de l'inventaire sont schématisées comme suit :

a- Définir l'année de référence et l'année de Reporting

Il convient que l'organisme établisse une année de référence historique pour les émissions et les suppressions de GES à des fins comparatives ou pour satisfaire aux exigences d'un programme GES ou à d'autres utilisations envisagées pour l'inventaire des GES.

Lorsque des informations suffisantes sur l'historique des émissions ou suppressions de GES ne sont pas disponibles, l'organisme peut utiliser sa première période d'inventaire de GES en tant qu'année de référence.

➤ **L'année de référence:** C'est la période historique spécifiée pour comparer les émissions ou les retraits de GES ou d'autres informations relatives aux GES au cours du temps.

➤ **L'année de Reporting:** C'est l'année sur laquelle les données d'activité sont collectées pour établir le bilan d'émissions de GES.

b- Définir le périmètre d'étude

- **Périmètres organisationnels:** L'organisme peut comprendre une ou plusieurs installations. Les émissions ou suppressions de GES au niveau de l'installation peuvent être réalisées à partir d'une ou de plusieurs sources ou d'un ou de plusieurs puits de GES. La norme **ISO 14064-1** décrit deux modes de consolidation permettant de déterminer le périmètre organisationnel :

- **Contrôle:** l'organisme justifie toutes les émissions et/ou suppressions de GES quantifiés provenant des installations sur lesquelles il exerce un contrôle financier ou opérationnel.

Il existe deux approches « **Contrôle** ».

• **Contrôle financier :** l'organisation consolide **100 %** des émissions des installations pour lesquelles elle exerce un contrôle financier.

• **Contrôle opérationnel :** l'organisation consolide **100 %** des émissions des installations pour lesquelles elle exerce un contrôle opérationnel.

- **part du capital:** l'organisme comptabilise les émissions et/ou suppressions de GES provenant des installations en proportion de sa part.

- **Périmètres opérationnels :** L'organisme doit définir et documenter ses périmètres opérationnels. La définition des périmètres opérationnels comprend l'identification des émissions et des suppressions de GES associées aux opérations de l'organisme, la catégorisation de ces émissions et suppressions en émissions directes, émissions indirectes d'énergie et autres émissions indirectes. Cela implique de choisir laquelle des autres émissions indirectes sera quantifiée et déclarée. L'organisme doit expliquer les modifications apportées à ses périmètres opérationnels.

S'appuyant sur la norme **ISO 14064-1**, le périmètre opérationnel correspond aux catégories et postes d'émissions liées aux activités du périmètre organisationnel. Les principales normes et méthodes internationales définissent 3 catégories d'émissions (également appelées « **scope** » dans d'autres référentiels) :

- **Émissions directes de GES (ou SCOPE 1)**

Émissions directes provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel, c'est-à-dire émissions provenant des sources détenues ou contrôlées par l'organisme comme par exemple : les émissions des cheminées d'usine, des procédés industriels, ainsi que celles des véhicules appartenant à l'organisation ou gérés par celle-ci, combustion des sources fixes et mobiles, procédés industriels hors combustion, émissions des ruminants, biogaz des centres d'enfouissements techniques, fuites de fluides frigorigènes, fertilisation azotée, biomasses...

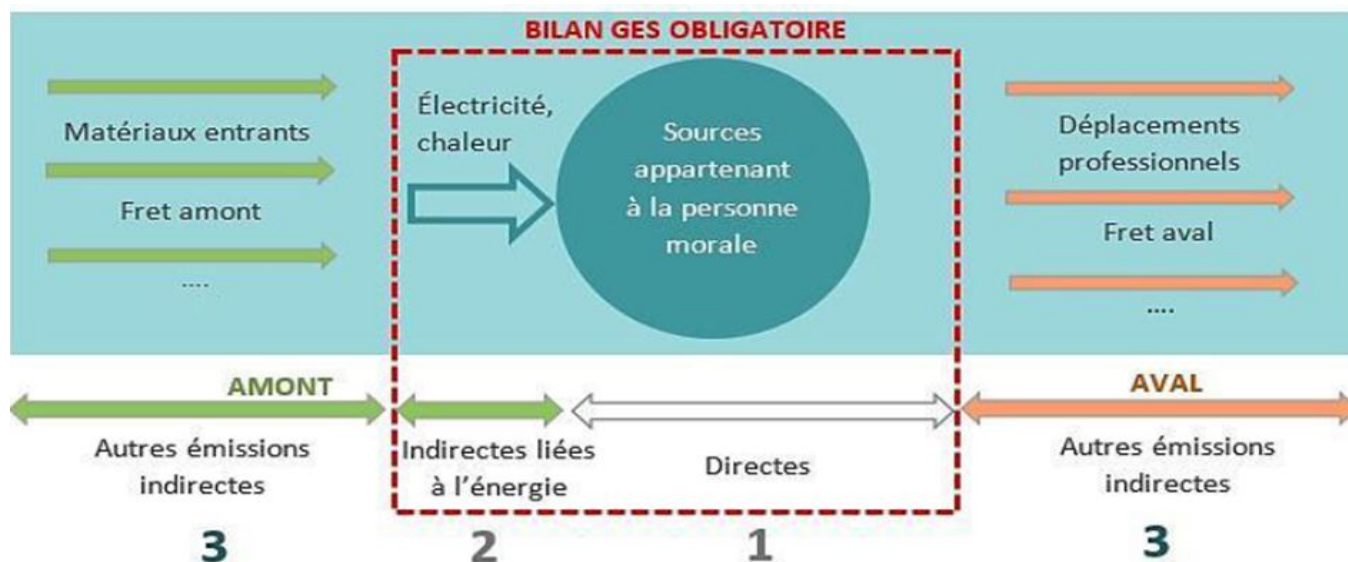
- **Émissions à énergie indirectes (ou SCOPE 2)**

Il s'agit d'émissions qui résultent des activités de l'organisation, mais proviennent de sources qui sont la propriété ou sous le contrôle d'une autre organisation. Il s'agit des émissions indirectes associées à la production d'électricité, de chaleur ou de vapeur importée pour les activités de l'organisation.

- **Autres émissions indirectes (ou SCOPE 3)**

Il s'agit d'émissions qui résultent des activités de l'entreprise, mais proviennent de sources qui sont la propriété ou sous le contrôle d'une autre entreprise et qui ne sont pas classées dans le scope 2 mais qui sont liées à la chaîne de valeur complète comme par exemple : l'achat de matières premières, de services ou autres produits, déplacements des salariés, transport amont et aval des marchandises, gestions des déchets générés par les activités de l'organisme, utilisation et fin de vie des produits et services vendus, immobilisation des biens et équipements de productions.

Le schéma suivant présente les différents postes qui peuvent être quantifiés dans le cadre de la réalisation d'un bilan d'émissions de gaz à effet de serre :



Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie ADEME

Figure III.1 : Schéma des différents postes de réalisation d'un bilan d'émission GES.

3.5. Quantification des émissions et suppressions de GES

❖ Sélection des méthodologies de quantification:

L'organisme doit sélectionner et utiliser des méthodologies de quantification qui réduiront raisonnablement l'incertitude et donneront lieu à des résultats exacts, cohérents et reproductibles.

Exemple : Les méthodologies de quantification sont souvent spécifiées par des programmes GES et peuvent être classées selon les types suivants:

➔ Calcul fondé sur:

- Les données d'activité GES multipliées par les facteurs d'émission ou de retrait de GES.
- L'utilisation de modèles.
- Les corrélations propres à l'installation.
- Les bilans matière.

→ Mesurage:

- Continu.
- Discontinu.

→ Combinaison mesurage et calcul:

- L'organisme doit expliquer la sélection des méthodologies de quantification.
- L'organisme doit expliquer toutes les modifications apportées aux méthodologies de quantification précédemment utilisées par l'organisme.
- Excepté dans certains cas particuliers relatifs aux émissions directes, le recours à la mesure continue ou discontinue des émissions de GES n'est pas très répandu, pour des raisons de difficultés de mise en œuvre et de coûts. L'approche la plus couramment utilisée est celle basée sur le calcul via l'utilisation de facteurs d'émission, de PRG documentés et de données d'activité vérifiables.
- Les données d'activité peuvent être soit directement disponibles, soit estimées à partir de données indirectes.

❖ Sélection et recueil des données d'activité GES:

Si les données d'activité GES servent à quantifier les émissions et les suppressions de GES, l'organisme doit sélectionner et recueillir des données d'activité GES cohérentes avec les exigences de la méthodologie de quantification sélectionnée.

3.6. Elaboration de l'inventaire de GES

L'organisme doit documenter séparément les points suivants, au niveau de l'installation et de l'organisme :

- ✓ Les consommations annuelles pour chaque type de combustible
- ✓ Les émissions annuelles directes de chaque GES.
- ✓ Les émissions indirectes de GES liées à l'énergie.
- ✓ Les autres émissions indirectes de GES.

Les tableaux de présentation doivent être renseigné avec des valeurs numériques, L'organisme doit utiliser la tonne comme unité de mesure et doit convertir la quantité de chaque type de GES en tonnes (CO₂) à l'aide des pouvoirs de réchauffement globales (**PRG**) appropriés.

3.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons récapitulé le cadre réglementaire régissant les GES qui consiste à donner un aperçu sur l'historique des conventions les plus importantes sous le prétexte du changement climatique et nous aide à bien comprendre le concept de notre thématique. , les principaux points du référentiel qui constituent le guide et la base de données utilisé par la réalisation de de notre inventaire de gaz à effet de serre ainsi que la méthodologie présentée par la norme **ISO14064-01** qui nous a offert l'opportunité de bien collecter toutes les données nécessaires pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre, et aussi nous a permis d'établir notre inventaire facilement.

Chapitre IV :

Quantification des émissions des gaz à effet de serre

4.1. Introduction

Ce chapitre est consacré principalement à établir une évaluation quantitative et qualitative des émissions imputables à la combustion stationnaire de catégorie 1 (Scope1) qui constitue la partie la plus importante des émissions de l'usine et qui résulte de la combustion dans les équipements de production de chaleur et d'énergie tels que : les Fours , les chaudières , les turbines et l'élaboration de l'inventaire des gaz à effet de serre classé au niveau 1 selon le référentiel de SONATRACH et GIEC ou nous allons démontrer et exposer les deux méthodes utilisés : Bilan Carbone et Facteur d'émission .

Notre évaluation est faite pour l'année **2021** (Année de Reporting) en se basant sur les données de Département Techniques.

4.2. Démarche de réalisation de l'inventaire

1. Définir le périmètre d'étude et d'identification des sources d'émissions.
2. Déterminer les éléments pertinents pour les calculs :
 - Données D'activité de combustible Brulé.
 - Facteur d'émission défini par le référentiel de SONATRACH.
 - Composition du Fioul.
 - Pouvoir Calorifique Inférieur (**PCI**) et pouvoir Calorifique Supérieur (**PCS**).
3. Calcul des émissions par les deux méthodes : Facteur d'émission et Bilan carbone.
4. Enregistrement, interprétation des résultats et Comparaison entre les deux méthodes.
5. Elaboration de l'inventaire.

4.2.1. Méthodes de calcul de l'évaluation quantitative des émissions

En Fonction de ce qui est indiqué dans les lignes directrices du GIEC et la norme **ISO14064 – 01**, il existe plusieurs méthodes de quantification des émissions GES fondées sur :

- **Mesurage** : selon cette approche, les émissions peuvent être déterminées directement par les systèmes de contrôle continu et discontinu des émissions qui n'est pas très répandu, en effet pour des raisons de difficultés de mise en œuvre et de coûts.

Le complexe GP1/Z dispose de ces technologies mais qui ne sont utilisées que dans la détermination de la quantité de Monoxyde de Carbone **CO** pour contrôler la combustion au niveau des équipements.

- **Calcul** : c'est l'approche la plus couramment utilisé et que nous avons adopté sur ce thème en se basant sur le calcul à partir de :

- **Méthode de Facteur d'émission (Référentiel SONATRACH).**

- **Méthode de Bilan Carbone.**

Le choix absolu de ces deux méthodes a pour but d'évaluer les résultats obtenus par la méthode de référentiel (Facteur d'émission) par rapport à la méthode bilan carbone vu son exactitude et sa précision selon le diagramme de variation de niveau de précision (**Voir annexe 04**) donné par l'API (**Compendium des méthodologies des émissions de gaz à effet de serre pour l'industrie pétrolière et gazière**).

Pour les estimations quantitatives GES (**CO₂, CH₄, N₂O**) émis dans l'atmosphère, et avec l'absence de moyens de mesure directe, nous nous sommes inspirés des méthodologies Facteur D'émission décrite dans la directive GIEC et adoptés par le référentiel relatifs à l'établissement des inventaires des gaz à effet de serre de **SONATRACH** et la méthode standard de bilan carbone pour la quantification de **CO₂**.

4.2.2. Présentations des Méthodes Utilisées

a- La méthode Bilan Carbone

La méthode Bilan Carbone est une méthode pour comptabiliser les émissions des **GES/An** afin de les réduire, elle a été créée par l'ADEME, ce bilan peut être fait à toutes les échelles par un état, une région, une entreprise ou même un individu.

Si notre activité émet du méthane(**CH₄**), du protoxyde d'azote (**N₂O**) et de dioxyde de carbone(**CO₂**), on doit convertir le tout en **équivalent-CO₂**

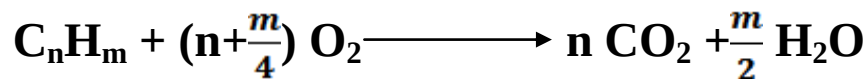
La méthode bilan carbone consiste à calculer les émissions à partir des quantités de matières qui sont les mieux connues (en ce qui concerne le CO_2 d'origine énergétique, c'est le bilan de combustibles utilisés). Cette dernière vise à renseigner les systèmes d'échanges et à poser les bases de solution efficaces de réduction de la consommation énergétique, et peut optimiser la fiscalité écologique (Taxe Carbone).

La combustion est une opération courante dans l'industrie pétrolière pour produire de l'énergie, par les sources fixes ou mobiles dans les torchères ou autres procédés d'oxydation.

Pour chacune de ces sources, On considérera que les GES émis sont :

- **Le CO_2** produit de la réaction de combustion.
- **Le CH_4** gaz imbrulée lors de cette combustion.
- **Le N_2O** produit d'une série de réactions complexes lors de la combustion.

————→ Réaction de la combustion :



La combustion est l'un des postes d'émission les plus importants dans l'industrie pétrolière et gazière, aussi la fiabilité et la précision des données d'activités sont d'une importance primordiale pour une estimation finale la plus vraie possible, Ces données sont issues des fiches de suivi de consommation établi à partir de débitmètre dont la précision peut être affectée par la maintenance ou l'étalonnage.

La composition du fuel aussi doit être bien connue, Elle peut varier avec le temps et la représentativité de la composition utilisée dépend de la fréquence d'analyse et la procédure d'échantillonnage, C'est la méthode la plus fiable pour ce genre de calcul .c'est une approche applicable pour tous les types de fuel dans tous les cas.

b- La méthode facteur d'émission

La méthode facteur d'émission repose sur les données d'activité de l'organisation exemple :

Quantité d'une matière première consommée durant l'année observée et sur une banque de facteurs d'émission (**FE**) qui représente le débit moyen d'émission d'une source donnée et il est exprimé en masse ou volume de GES par type de source ou données d'activités reliées à cette source permettant de convertir les données d'activités en quantité de gaz émise en tonnes de **CO₂ - équivalent** .

Cette méthode a pour avantage qui permet de calculer relativement les émissions de gaz à effet de serre pour toute activité et pour tout poste émetteur d'une collectivité, Néanmoins de ce fait même (nécessité d'avoir un facteur d'émission calculable quelques soient les données dont on dispose), il recèle des incertitudes notamment pour toute les données hors des consommations énergétiques.

La collecte des données d'une entreprise consiste à recueillir et utiliser des données d'activités vérifiables et représentatives des activités au sein des périmètres choisis qui doivent être exprimées pour être compatible avec le FE utilisé ainsi que des facteurs d'émission correspondants .

Les hypothèses d'émission et calcul ayant permis de déterminer le facteur d'émission sont références et vérifiables en tant que besoin, ou bien que le facteur d'émission provient de bases de données pertinentes largement partagées tels qu'on trouve sur les publications du **GIEC, ADEME, EPA, API**.

Il faut s'assurer que les facteurs utilisés sont :

- D'origines reconnues.
- Appropriés à la source de GES étudié.
- A jour au moment de la quantification.

• Description de la méthode

L'approche méthodologique simple la plus générale consiste à combiner les informations sur l'étendue des activités (**appelées données sur les activités ou DA**) avec les coefficients qui quantifier les émissions ou les absorptions par unité d'activité.

Ceux-ci sont appelés Facteur d'émission (FE), Des lors, l'équation de base est :

$$\text{Emissions} = \text{DA} \times \text{FE}$$

Afin de calculer les émissions totales en **équivalent-CO₂** pour chaque gaz à effet de serre, il convient de multiplier les résultats obtenus ci-dessus par le « Le pouvoir de réchauffement Globale (PRG) du gaz concerné, Les PRG donnés par le 4ème rapport d'évaluation du GIEC) sont donné comme suit :

Tableau IV.1 : les PRG données par le 4ème rapport d'évaluation du GIEC.

Désignation	Formule chimique	PRG
Dioxyde de Carbone	CO ₂	1
Méthane	CH ₄	25
Protoxyde d'Azote	N ₂ O	298

$$\text{Emissions Tôt (eq-CO}_2\text{)} = \text{Emissions CO}_2 \times 1 + \text{Emissions CH}_4 \times 25 + \text{Emissions N}_2\text{O} \times 298$$

➤ **Conversion des facteurs d'émissions sur des bases calorifiques supérieures vers des bases calorifiques inférieures**

L'ensemble des facteurs d'émissions donnés par le GIEC sont estimés par des bases calorifiques inférieures (**voir Annexe 01**), concernant les hydrocarbures Algériens, les pouvoirs calorifiques par la Décision n°272 du 27 décembre 2012 sont sur une base calorifique supérieure et il est par conséquent nécessaire, soit de convertir les pouvoirs calorifiques en PCI de sorte que la différence entre les PCI et les PCS c'est la chaleur latente de vaporisation de l'eau produite lors de la combustion. Par conséquent, pour le charbon et le pétrole, le PCI est inférieur d'environ 5 % au PCS. Pour la plupart des formes de gaz naturel, le PCI est inférieur d'environ 10 %.

Pour les gaz nous avons : $\text{PCI} = 0,90 \times \text{PCS}$

Pour les liquides ou solides : $\text{PCI} = 0,95 \times \text{PCS}$

Soit de convertir les facteurs d'émissions à utiliser pour l'estimation des émissions (Cas des émissions dues à la combustion) comme suit :

Pour les Hydrocarbures gazeux :
$$FE_{pcs} = FE_{pci} \times \left(\frac{1-0,1}{1} \right)$$

Pour les Hydrocarbures liquides et solides :
$$FE_{pcs} = FE_{pci} \times \left(\frac{1-0,05}{1} \right)$$

4.2.3. Détermination du périmètre d'étude

▪ Le périmètre organisationnel

Etant donné que SONATRACH dispose du contrôle opérationnel du site GP1/Z, c'est le mode opéré qui s'applique au complexe, en prenant en compte l'intégralité des Emissions par les biens et les activités exploités par GP1Z.

▪ Le périmètre opérationnel

Le complexe GP1/Z a une capacité annuelle de production de **10,8 millions** de tonnes par an, il comprend **9** trains et comme source d'énergie, il utilise principalement le gaz naturel venant du réseau commun de distribution de gaz naturel qui est utilisé comme combustible alimentant (les turbines, les chaudières, les fours et les torches), et comme deuxième source ,l'éthane qui est récupéré par le dééthaniseur **DC2** qui est envoyé vers four en tant que combustible secondaire pour chauffer l'huile.

Et il est connu que toute matière organique définie par la formule brute de type **C_xH_y** finit par donner après réaction de combustion du **CO₂,CH₄, N₂O,H₂O** , et en raison de la diversité des équipements fonctionnant par le phénomène de combustion au niveau de l'usine et leur forte consommation en combustible, qui a caractérisé le complexe par un nombre important des sources d'émission, notre étude s'est intéressée aux émissions des **CO₂,CH₄,N₂O** par (les turbines, les chaudières et les fours).

4.2.4. Détermination des équipements pertinents pour les calculs

Notre étude va se baser sur les 3 équipements de combustion stationnaire qu'on a détaillé déjà précédemment dans le chapitre précédent (Turbine, Four, Chaudière).

4.2.5. La collecte des données

a- Données d'activités

il s'agit de la quantité de combustible consommée par le four , la chaudière , et la turbine pendant l'année **2021** .Cette dernière nous a été fournie par le service planification production (**PP**) , ou la consommation est exprimée en **CM³** pour le **GN** et en **Tonne** pour le **C2**.

N.B : La donnée d'activité doit être compatible avec le facteur d'émission ce qui nous a amené à la convertir en **NM³**.

a-Consommation des équipements en Fioul

- **Turbine:** comme on a mentionné dans la partie précédente on a choisis la turbine à gaz de la phase 1 train 100 qui est alimentée en **GN**.

- **Chaudière:** la chaudière de la phase 3 est aussi alimentée en **GN**.

- **Four:** le four de la phase 3 train 900 est alimenté en **GN** de la régénération de la section déshydratation et l'éthane du dééthaniseur, si présent, provenant de la section séparation.

Les tableaux suivants représentent les consommations en fioul de la turbine, chaudière, four :

Tableau IV. 2 : la consommation de la turbine à gaz 02-CT-1001 du train 100 en GN pendant l'année 2021.

Mois	Jan 2021	Fév 2021	Mar 2021	Avr 2021	Mai 2021	Jui 2021	Juil 2021	Aout 2021	Sept 2021	Oct 2021	Nov 2021	Déc 2021	Total 2021
GN (CM ³ x 10 ³)	0	328	928	976	1022	1024	695	1052	1020	741	702	1030	9572

Tableau IV. 3 : la consommation de la chaudière 22-H-6501 du train 900 en GN pendant l'année 2021.

Mois	Jan 2021	Fév 2021	Mar 2021	Avr 2021	Mai 2021	Jui 2021	Juil 2021	Aout 2021	Sept 2021	Oct 2021	Nov 2021	Déc 2021	Total 2021
GN (CM³ x 10³)	1465	626	0	291	1504	518	0	0	0	497	178	604	5674

Tableau IV.4 : la consommation du Four 32-H-9501 du train 900 en GN et C2 pendant l'année 2021

Mois	Jan 2021	Fév 2021	Mar 2021	Avr 2021	Mai 2021	Jui 2021	Juil 2021	Aout 2021	Sept 2021	Oct 2021	Nov 2021	Déc 2021	Total 2021
GN (CM³ x 10³)	2728	187	1183	2197	179	1416	2465	2316	1956	1381	2022	2834	20864
C2 (Tonnes)	835	76	377	757	64	593	812	692	815	490	656	634	6801

Pour la comptabilisation de la consommation des équipements en fioul avec les facteurs d'émission, on convertit en NM^3 , sachant que :

$$\text{Consommation GN (CM}^3 \text{ 10}^3\text{)} = [(\text{consommation GN (NM}^3\text{)} \times 1,069)] / 1000$$

$$\text{Consommation GN (NM}^3\text{)} = [(\text{consommation GN (CM}^3 \text{ 10}^3\text{)} \times 1000)] / 1,069$$

Nous avons la masse volumique de C2 = 1.2622Kg/Nm^3

$$\text{Consommation C2 (NM}^3\text{)} = [(\text{consommation C2(Tonnes)} \times 1000)] / 1,2622$$

Application Numérique :

Tableau IV.5 : La consommation du four, chaudière et turbine en GN et C2 en NM^3 pendant l'année 2021.

Turbine	Chaudière	Four	
GN (NM^3)	GN (NM^3)	GN (NM^3)	C2 (NM^3)
8954162 ,76	5307764,26	19517305,89	5388211,06

▪ Application des méthodes de quantification

- Facteur d'émission

Ce facteur est utilisé pour transformer la donnée d'activité physique en une quantité d'émission de gaz à effet de serre.

Dans le référentiel GES de SONATRACH le facteur d'émission est exprimé sur des bases calorifiques inférieures. Concernant les hydrocarbures algériens, les pouvoirs calorifiques donnés par la décision **272 du 27 décembre 2012** sont sur une base calorifique supérieure et il est par conséquent nécessaire de convertir les pouvoirs calorifiques en PCI. (**Voir Annexe 01 et 02**).

Tableau IV.6 : Les facteurs d'émissions des combustibles GN et C2 par défaut donnés par le GIEC pour la combustion stationnaire dans les industries Energétiques.

Combustible	Gaz Naturel			éthane		
GES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Valeur	56100	1	0,1	61600	1	0,1
Unité	KG/TJ	KG/TJ	KG/TJ	KG/TJ	KG/TJ	KG/TJ

Remarque :

Le pouvoir calorifique est donné dans les conditions standards en **GJ/ 1000SM³**, on doit tout d'abord calculer le PCS dans les conditions normales, ensuite le convertir **Tj/Kg** en divisant par la masse volumique du gaz naturel.

$$\text{PCI} = \text{PCS} \times 0.9$$

Et à partir de la relation des gaz parfaits on obtient le volume dans les conditions normales :

$$V = 932 \text{ NM}^3$$

- Calcul du PCS et PCI du Gaz Naturel Tj/Kg

$$\longrightarrow \text{PCS (GN)} = 39,57 \text{ GJ} / 932 \text{ NM}^3 = 42457081.55 \text{ J} / \text{NM}^3$$

Avec : $\rho = 0.8 \text{ Kg} / \text{NM}^3$ et $1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J}$

$$\longrightarrow \text{PCS (GN)} = 42457081.55 / 0.8$$

$$\longrightarrow \text{PCS (GN)} = 53073629.77 \text{ J/Kg}$$

Avec : $1 \text{ J} = 10^{-12} \text{ TJ}$

$$\longrightarrow \text{PCS (GN)} = 5.30736 \times 10^{-5} \text{ TJ/Kg}$$

$$\longrightarrow \text{PCI(GN)} = 5.30736 \times 10^{-5} \times 0.9$$

$$\longrightarrow \text{PCI (GN)} = 4.78 \times 10^{-5} \text{ TJ/Kg}$$

- Calcul du PCI du C2 Tj/Kg

$$\longrightarrow \text{PCI (C2)} = \text{PCS (C2)} \times 0.9$$

$$\longrightarrow \text{PCI (C2)} = 5.225031082 \times 10^{-5} \times 0.9$$

$$\longrightarrow \text{PCI (C2)} = 4.702527973 \times 10^{-5} \text{ TJ/Kg}$$

Tableau IV.7 : Les pouvoirs calorifiques supérieurs et inférieurs du GN ET C2

Gaz Naturel		Ethane (C2)	
PCS (Tj/Kg)	PCI (Tj/Kg)	PCS (Tj/Kg)	PCI (Tj/Kg)
5.30736×10^{-5}	4.78×10^{-5}	$5.225031082 \times 10^{-5}$	$4.702527973 \times 10^{-5}$

b- Composition du Fioul

Les tableaux suivants représentent la composition moyenne annuelle du fuel GN pendant l'année 2021 :

Tableau IV.8 : La composition moyenne du fioul (GN) pendant l'année 2021

Composition (GN)	He	N2	CO2	CH4	C2	C3	IC4H10	NC4h10	Ic5h12	Nc5h12	C6+
Janvier 2021	0,059	1,22	1,711	85,402	9,867	1,318	0,132	0,178	0,044	0,032	0,037
Février 2021	0,059	1,17	1,636	86,162	9,338	1,264	0,116	0,156	0,038	0,028	0,033
Mars 2021	0,06	1,01	1,587	87,397	8,298	1,235	0,129	0,175	0,04	0,03	0,039
Avril 2021	0,062	0,878	1,595	88,994	6,824	1,179	0,162	0,185	0,05	0,028	0,043
Mai 2021	0,064	1,04	1,927	86,959	8,447	1,229	0,121	0,144	0,029	0,017	0,023
Juin 2021	0,061	1,106	1,917	86,994	8,34	1,238	0,122	0,146	0,031	0,019	0,026
Juillet 2021	0,062	1,14	1,937	87,334	7,795	1,282	0,15	0,18	0,045	0,029	0,046
Aout 2021	0,062	1,076	1,846	87,543	7,982	1,168	0,112	0,134	0,03	0,02	0,027
Septe- 2021	0,062	1,146	1,847	86,866	8,754	1,116	0,08	0,095	0,016	0,01	0,008
Octo - 2021	0,067	1,085	1,633	88,747	7,261	0,98	0,082	0,096	0,02	0,012	0,017
Nov- 2021	0,068	1,231	1,62	88,224	7,474	1,079	0,099	0,131	0,027	0,022	0,025
Déc-2021	0,106	2,742	1,133	85,735	8,252	1,478	0,178	0,237	0,047	0,049	0,043
Moyenne annuelle %	0,066	1,237	1,699	87,196	8,219	1,213	0,123	0,154	0,0347	0,0246	0,0305
Xi	0,00066	0,01237	0,016	0,871	0,082	0,012	0,00123	0,00154	0,00034	0,000246	0,000305
CO2	0	0	0,016	0,871	0,164	0,036	0,00494	0,00619	0,00173	0,00123	0,001835

n moles de CO2 =1,10569583

On obtient :

Remarque

La méthode bilan carbone est la méthode la plus pratique pour le calcul des émissions, elle se base sur la composition du fioul pour déterminer le nombre de moles total de CO₂ dans le volume de fioul consommé.

Tableau IV.9 : La composition moyenne du fioul (C2) pendant l'année 2021

Composition C2	C1	C2	C3
Janvier 2021	0	0	0
Février 2021	22,79083333	58,245	18,96416667
Mars 2021	22,54272727	59,28409091	18,163
Avril 2021	21,31166667	60,50866667	17,533
Mai 2021	21,72354839	61,01709677	17,25935484
Juin 2021	21,21833333	61,33433333	17,44733333
Juillet 2021	21,941	58,5545	19,4
Aout 2021	20,15516129	60,34709677	16,27193548
Septembre 2021	22,23766667	60,656	17,10633333
Octobre 2021	21,0376	58,7032	16,7984
Novembre 2021	22,73090909	58,52363636	18,7
Décembre 2021	23,229	58,71666667	18,05433333
Moyenne Annuelle %	20,07653717	54,65752396	16,30815475
Xi	0,2007653717	0,5465752396	0,1630815475
CO2	0,2007653717	1,093	0,489

On obtient :

n moles de CO₂ = 1,782765372

C-Calcul des émissions

▪ Méthode Bilan Carbone

Pour le calcul des émissions par la méthode de bilan carbone, on considère que la réaction de combustion est complète (rendement =1)

• Turbine :

$$1 \text{ mole de GN} \rightarrow 0.0224 \text{ M}^3$$

$$X \rightarrow 8954162,76 \text{ NM}^3$$

Donc : $X = 8954162,76 / 0.0224$

$$X = 3,99739408 \times 10^8 \text{ mol}$$

$$\text{Nombre de mol dans le volume consommé} = 3,99739408 \times 10^8 \text{ mol}$$

Si : $1 \text{ mol de GN} \rightarrow 1.10569583 \text{ mol de CO}_2$

$$3,99739408 \times 10^8 \text{ mol de GN} \rightarrow X \text{ mol de CO}_2$$

Donc: $X = 3,99739408 \times 10^8 \times 1.10569583$

$$X = 4,419901965 \times 10^8 \text{ moles de CO}_2$$

Pour trouver les émissions CO₂ en Tonnes on doit multiplier par la masse molaire du CO₂

$$\longrightarrow M \text{ CO}_2 = 44 \text{ g/mole} \quad \text{avec:} \quad 1\text{g} = 10^{-6} \text{ Tonnes}$$

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = 4,419901965 \times 10^8 \times 44 \times 10^{-6}$$

On obtient: $E \text{ CO}_2 = 19447,56865 \text{ Tonnes de CO}_2 / \text{an}$

Les émissions CO₂ de la turbine 02-CT-1001 sont de: 19447,56865 Tonnes de CO₂/an

Et par là, on peut donc déduire la relation qui nous permet de calculer les émissions CO₂ par le bilan carbone qui est :

$$E_{CO_2} = (\text{Cons fuel} / 22.4 \times 10^{-3}) \times n \text{ moles } CO_2 \times (M_{CO_2} \times 10^{-6})$$

• **Chaudière :**

Données

- ❖ Consommation de la chaudière en fioul pendant l'année 2021 : **5307764,26 NM³**
- ❖ Nombre de moles de CO₂ : **1,10569583 mol**
- ❖ Masse molaire de CO₂: **0,000044 Tonnes / mol**

On applique la même relation précédente pour trouver la quantité de CO₂ émise par la chaudière :

$$\longrightarrow E_{CO_2} = (5307764,26 / 22.4 \times 10^{-3}) \times 1.10569583 \times 0.000044$$

On Obtient

$$E_{CO_2} = 11527,94659 \text{ Tonnes de } CO_2 / \text{an}$$

Les émissions CO₂ de la chaudière 22-H-6501 sont de : 11527,94659 Tonnes/ an

• **Four :**

a) **Quantité de CO₂ émise par la combustion de gaz naturel**

- ❖ Consommation du four en fioul pendant l'année 2021 : **19517305,89 NM³**
- ❖ Nombre de moles de CO₂ : **1.10569583 mol**
- ❖ Masse molaire de CO₂: **0.000044 Tonnes / mol**

$$\longrightarrow E_{CO_2} = (19517305,89 / 22.4 \times 10^{-3}) \times 1.10569583 \times 0.000044$$

On Obtient

$$E_{CO_2} = 42389,68591 \text{ Tonnes de } CO_2 / \text{an}$$

b) **Quantité de CO₂ émise par la combustion d'éthane**

- ❖ Consommation du four en fioul pendant l'année 2021 : **5388211,06NM³**
- ❖ Nombre de moles de CO₂ : **1,782765372 mol**
- ❖ Masse molaire de CO₂: **0.000044 Tonnes / mol**

$$\longrightarrow E_{CO_2} = (5388211,06 / 22.4 \times 10^{-3}) \times 1,782765372 \times 0.000044$$

On Obtient

$$E_{CO_2} = 18868,76376 \text{ Tonnes de } CO_2 / \text{an}$$

Pour trouver la quantité de CO₂ total émise par le four on additionne les émissions du GN+C2 :

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 18868,76376 + 42389,68591$$

On obtient

$$E_{CO_2} = 61258,44967 \text{ Tonnes de CO}_2 / \text{an}$$

Les émissions CO₂ du four 32-H-9501 sont de : 61258,44967 Tonnes/ an

La quantité de CO₂ émise par le four + la chaudière + la turbine

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 61258,44967 + 11527,94659 + 19447,56865$$

On obtient

$$E_{CO_2} = 92233,96491 \text{ Tonnes de CO}_2 / \text{an}$$

▪ Méthode Facteur d'émission

C'est une approche simple consiste à combiner les données d'activité avec le facteur d'émission basé sur l'équation suivante :

$$\text{Emission} = \text{Données d'activité} \times \text{Facteur d'émission}$$

• Turbine

Données

- ❖ Consommation de la turbine en GN de l'année 2021: 8954162,76NM³
- ❖ Pouvoir calorifique inférieur du GN : 4.78 x 10⁻⁵ Tj/Kg
- ❖ Facteurs d'émissions du GN : (Voir Tableau 09)

▪ Calcul d'émission CO₂

$$Emission_{CO_2} = \text{Cons (GN)} \times \text{Facteur d'émission}$$

Sachant que la donnée d'activité doit être compatible avec le facteur d'émission, on doit donc multiplier par le pouvoir calorifique inférieur.

$$\longrightarrow E_{CO_2} = \text{Cons}(\text{GN}) \times \text{FE} \times \text{PCI}$$

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 8954162,76 \text{ (NM}^3\text{)} \times 56100 \text{ (Tj/Kg)} \times 4.78 \times 10^{-5} \text{ (Kg/Tj)}$$

On obtient

$$\text{Emission } CO_2 = 24011303,77 \text{ NM}^3$$

Pour trouver la quantité de CO_2 émise par la turbine en Tonne on multiplie le résultat par la masse volumique.

Masse volumique du GN = **0.0008 Tonnes/M³**

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 24011303,77 \times 0.0008$$

On obtient

$$\text{Emission } CO_2 = 19209,04302 \text{ Tonnes /an}$$

▪ Calcul d'émission CH_4

On applique la même relation précédente pour trouver la quantité de CH_4 émise par la TURBINE.

$$\longrightarrow E_{CH_4} = 8954162,76 \times 1 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 0.0008$$

On obtient

$$E_{CH_4} = 0,34383 \text{ Tonnes /an}$$

▪ Calcul de l'émission N_2O

$$\longrightarrow E_{N_2O} = 8954162,76 \times 0.1 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 0.0008$$

On obtient

$$E_{N_2O} = 0,03424 \text{ Tonnes /an}$$

▪ Calcul des émissions totales

Pouvoir de réchauffement global

Cet indicateur vise à regrouper sous une seule valeur l'effet additionné des GES, il est exprimé en équivalent - CO_2 .

Le PRG donné par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC est utilisé pour le référentiel GES de SONATRACH (Tableau 4.3).

On calcule les émissions totales en Equivalent CO₂ par la relation suivante :

$$\text{Emission totale (Equivalent-CO}_2\text{)} = (\text{ECO}_2 \times 1) + (\text{ECH}_4 \times 25) + (\text{EN}_2\text{O} \times 298)$$

$$\text{Emission totale} = (19209,04302 \times 1) + (0,34383 \times 25) + (0,03424 \times 298)$$

On obtient

$$\text{Emission totale} = 19227,84229 \text{ Eq CO}_2 \text{ /an}$$

Les émissions CO₂ de la turbine 02-CT-1001 sont de: 19227,84229 Tonnes /an

• Chaudière

Données

- ❖ Consommation de la chaudière en GN de l'année 2021 : 5307764,26 NM³
- ❖ Pouvoir calorifique inférieur du GN : 4.78 x 10⁻⁵ Tj/Kg
- ❖ Facteurs d'émissions du GN : (Voir Tableau 09)

• Calcul d'émission CO₂

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = \text{Cons (GN)} \times \text{FE} \times \text{PCI} \times f$$

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = 5307764,26 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 56100 \times 0.0008$$

On obtient

$$E \text{ CO}_2 = 11386,55559 \text{ Tonnes /an}$$

• Calcul d'émission CH₄

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = \text{Cons (GN)} \times \text{FE} \times \text{PCI} \times f$$

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = 5307764,26 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 1 \times 0.0008$$

On obtient

$$E \text{ CH}_4 = 0,2029 \text{ Tonnes /an}$$

- Calcul d'émission N_2O

$$\longrightarrow E_{N_2O} = 5307764,26 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 0,1 \times 0.0008$$

On obtient

$$E_{N_2O} = 0,0202 \text{ Tonnes /an}$$

- Calcul d'émission totale en Eq CO_2

$$\longrightarrow \text{Emission totale} = (11386,55559 \times 1) + (0,2029 \times 25) + (0,0202 \times 298)$$

On Obtient

$$\text{Emission totale} = 11397,64769 \text{ Eq } CO_2 \text{ /an}$$

Les émissions CO_2 de la chaudière 22-H-6501 sont de : 11397,64769 Tonnes /an

- Four

Données

- ❖ Consommation de du four en GN de l'année 2021 : **19517305,89 NM^3**
- ❖ Consommation de du four en C2 de l'année 2021 : **5388211,06 NM^3**
- ❖ Pouvoir calorifique inférieur du GN : **4.78×10^{-5} Tj/Kg**
- ❖ Pouvoir calorifique inférieur du C2 : **4.70252×10^{-5} Tj/Kg**
- ❖ $\int GN = 0.0008 \text{ Tonnes/ } M^3$ $\int C2 = 1.26 \times 10^{-3} \text{ Tonnes/ } NM^3$
- ❖ Facteurs d'émissions du GN: **(Voir Tableau 09)**

- Calcul d'émission CO_2 par le GN

$$\longrightarrow E_{CO_2} = \text{Con (GN)} \times FE \times PCI \times f$$

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 19517305,89 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 56100 \times 0.0008$$

On Obtient

$$\text{Emission totale} = 41869,7737 \text{ Tonnes /an}$$

• Calcul de l'émission CO₂ par le C2

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = 5388211,06 \times 61600 \times 4.70252 \times 10^{-5} \times 0.001262$$

On Obtient

$$\text{Emission totale} = 19697,69087 \text{ Tonnes /an}$$

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = E \text{ CO}_2 (\text{GN}) + E \text{ CO}_2 (\text{C2})$$

$$\longrightarrow E \text{ CO}_2 = 41869,7737 + 19697,69087$$

On Obtient

$$E \text{ CO}_2 = 61567,6457 \text{ Tonnes /an}$$

• Calcul d'émission CH₄ par le GN

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = 19517305,89 \times 1 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 0.0008$$

On Obtient

$$E \text{ CH}_4 = 0,746341 \text{ Tonnes /an}$$

• Calcul d'émission CH₄ par le C2

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = 5388211,06 \times 1 \times 4.70252 \times 10^{-5} \times 1.26 \times 10^{-3}$$

On obtient

$$E \text{ CH}_4 = 0,319260 \text{ Tonnes /an}$$

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = E \text{ CH}_4 (\text{GN}) + E \text{ CH}_4 (\text{C2})$$

$$\longrightarrow E \text{ CH}_4 = 0,746341 + 0,319260$$

On aura

$$E \text{ CH}_4 = 1,065601 \text{ Tonnes /an}$$

• Calcul d'émission N₂O par le GN

$$\longrightarrow E \text{ N}_2\text{O} = 19517305,89 \times 0.1 \times 4.78 \times 10^{-5} \times 0.0008$$

On obtient

$$E \text{ N}_2\text{O} = 0,0746341 \text{ Tonnes /an}$$

- Calcul d'émission N_2O par le C_2

$$\longrightarrow E_{N_2O} = 5388211,06 \times 0,1 \times 4,70252 \times 10^{-5} \times 1,26 \times 10^{-3}$$

On obtient:

$$E_{N_2O} = 0,0319260 \text{ Tonnes /an}$$

$$\longrightarrow E_{N_2O} = E_{N_2O}(\text{GN}) + E_{N_2O}(\text{C}_2)$$

$$\longrightarrow E_{N_2O} = 0,0746341 + 0,0319260$$

On obtient

$$E_{N_2O} = 0,3938941 \text{ Tonnes /an}$$

- Emission total du four en Eq- CO_2

$$\longrightarrow \text{Emission total} = (61567,6457 \times 1) + (1,065601 \times 25) + (0,3938941 \times 298)$$

On aura

$$\text{Emission totale} = 61594,67962 \text{ Eq } CO_2 \text{ /an}$$

Les émissions CO_2 du four 32-H-9501 sont de : 61594,67962 Tonnes de CO_2 / an

La quantité de CO_2 émise par les 3 équipements en Eq- CO_2

$$\longrightarrow E_{CO_2} = 61594,67962 + 11397,64769 + 19227,84229$$

On aura

$$\text{Emission totale} = 92220,17021 \text{ Eq } CO_2 \text{ /an}$$

4.3. Résultats et interprétation des calculs

4.3.1. Quantité de CO₂ émise par la Turbine

Tableau IV.10 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO₂ émise par la turbine

02-CT-1001

Emission CO ₂	Quantité émise (Tonnes CO ₂ /an)
Bilan Carbone	19447,56865
Facteur D'émission	19227,84229

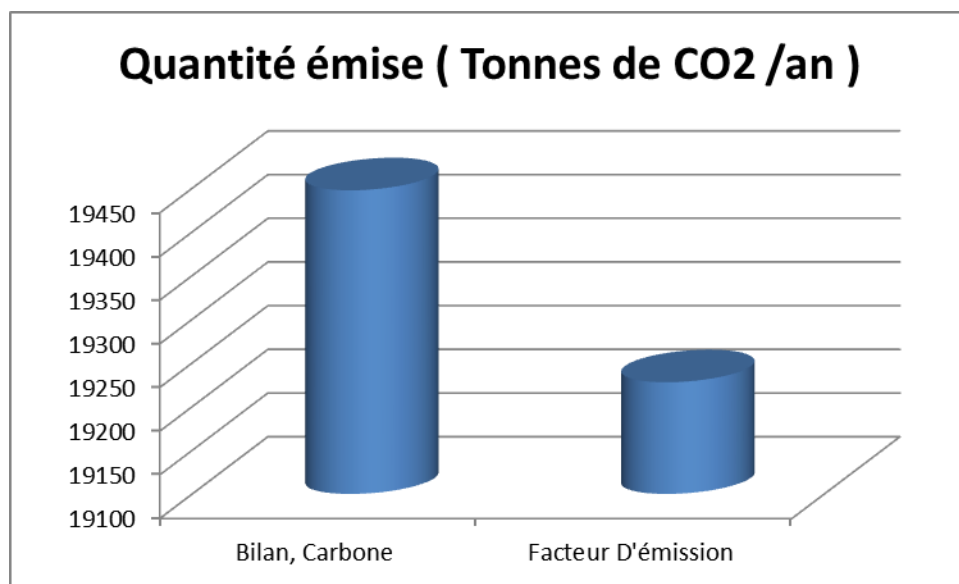


Figure IV.1 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO₂ émise par la turbine

02-CT-1001

▪ Interprétation du graphe

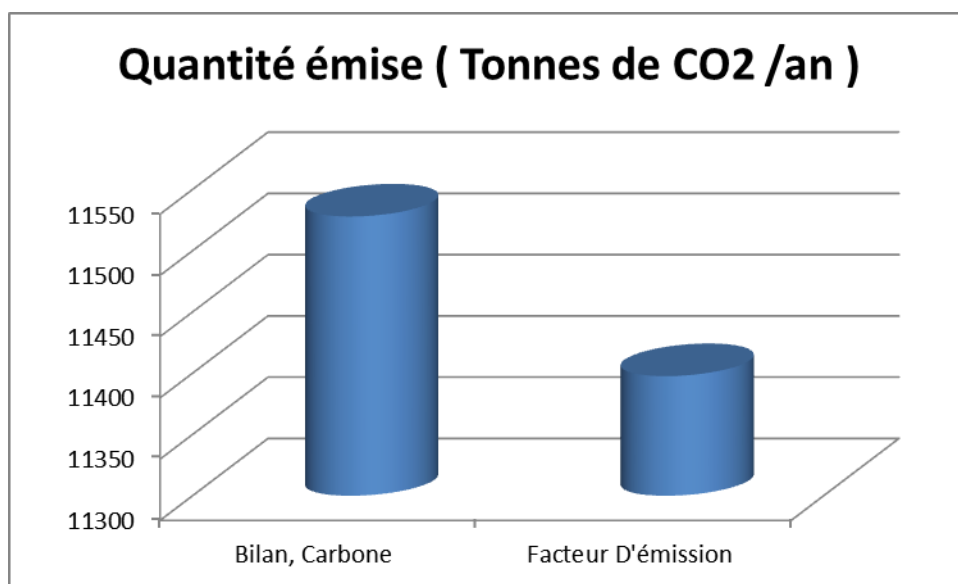
Ce graphe représente le résultat des calculs de la quantité des GES émise exprimée en tonnes **Eq-CO₂/An** par la turbine du train 100 de la phase 1 pour l'année **2021** par les deux méthodes de quantification (bilan carbone et facteur d'émission).

D'après les résultats obtenus, des deux méthodes, on en constate un écart très faible de **1.14 %** entre le résultat de la méthode de facteur d'émission et ce du bilan carbone.

4.3.2. Quantité de CO₂ émise par la chaudière

**Tableau IV.11 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO₂ émise par
La chaudière 22-H-6501**

Emission CO ₂	Quantité émise (Tonnes CO ₂ /an)
Bilan Carbone	11527,94659
Facteur D'émission	11397,64769



**Figure IV.2 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO₂ émise par
La chaudière 22-H-6501**

▪ Interprétation du graphe

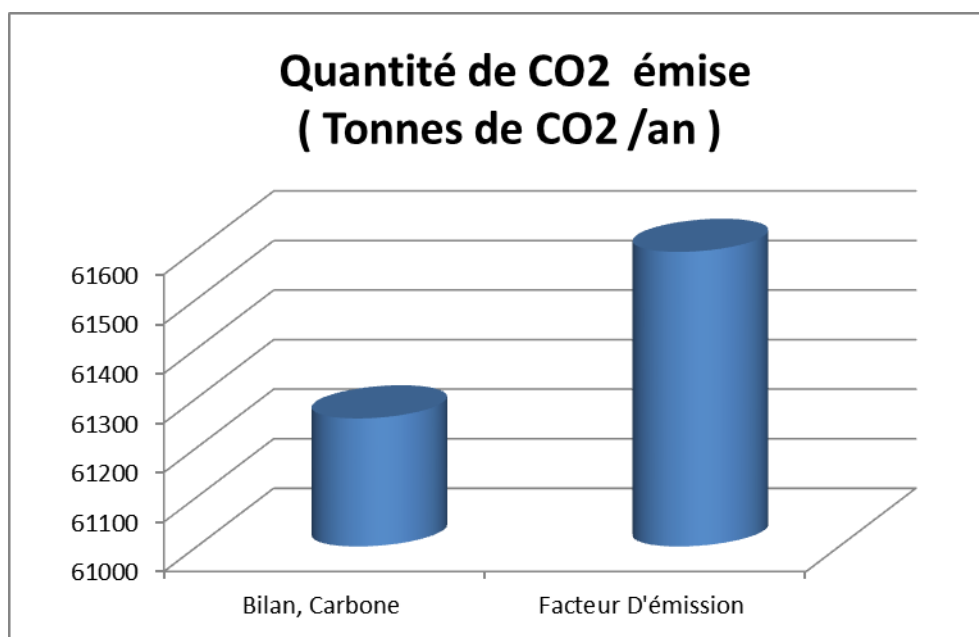
Ce graphe est le résultat des calculs de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre, exprimée en tonnes d'**Eq-CO₂/an**, par la chaudière de la phase 3 pour l'année **2021**, en utilisant deux méthodes de quantification (bilan carbone et facteur d'émission).

Selon les résultats des deux méthodes, il existe une très légère différence de **1,14 %** entre le résultat de la méthode du facteur d'émission et celui de la méthode du bilan carbone.

4.3.3. Quantité de CO₂ émise par le four

**Tableau IV.12 : Résultats des deux méthodes de calcul de la quantité de CO₂ émise par
Le four 32-H-9501**

Emission CO ₂	Quantité émise (Tonnes CO ₂ /an)
Bilan Carbone	61258,44967
Facteur D'émission	61594,67962



**Figure IV.3 : Graphe de résultats des deux méthodes de la quantité de CO₂ émise par
Le Four 32-H-9501**

▪ Interprétation du graphe

Ce graphe représente le résultat des calculs de la quantité des CO₂ émise exprimée en tonnes Eq-CO₂/An par le four du train 900 de la phase 3 pour l'année 2021 par les deux méthodes de quantification (bilan carbone et facteur d'émission).

D'après les résultats obtenus, des deux méthodes, on en constate un écart très faible de **0.55 %** entre le résultat de la méthode de facteur d'émission et ce du bilan carbone.

4.4. Conclusion

Les résultats des calculs de la quantité de **CO₂** émise par les deux méthodes pour différentes sources d'émission ont montré une très faible différence entre les résultats obtenus par la méthode du facteur d'émission et celles obtenus par la méthode du bilan carbone.

Cette différence est due à la qualité, la disponibilité, le niveau de précision et l'incertitude des données utilisées pour ces estimations dans chacune des deux méthodes.

Selon la disponibilité et l'incertitude des données utilisées nous permettent :

- Détermine la fiabilité et la précision des méthodes de calcul.
- Permettent le choix de méthodes d'estimation des GES.

Les tableaux ci-dessous présentent les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

Tableau IV.13 : avantages et inconvénients de la méthode bilan carbone.

	Avantages	Inconvénient
Bilan carbone	• C'est une approche applicable pour tous les types de fuel dans tous les cas. • basée sur le bilan matière ou la quantité totale de matière utilisée. • les calculs sont basés sur la composition exacte de fuel.	Les erreurs associées à cette méthode incluent: • Étalonnage et mesure incorrects des dispositifs de débit applicables. • Détermination inexacte de la composition du flux de matière. • concernant notre étude la méthode bilan matière a été appliquée seulement pour les estimations de CO₂. • L'indisponibilité des données et des informations pertinentes pour le calcul des émissions par cette méthode.

Tableau IV.14 : Avantages et inconvénients de la méthode facteur d'émission.

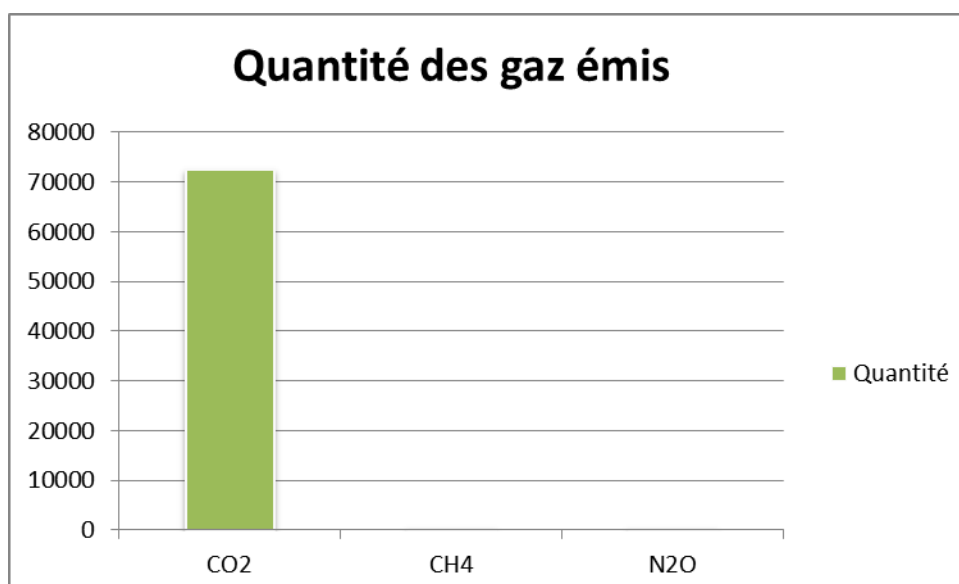
	Avantages	Inconvénient
Facteur d'émission	• Les avantages de méthode de calcul sont sûrs la rapidité et une certaine commodité d'emploi. • La méthode est utilisée pour estimer tous les gaz qui sont couverts par le référentiel (CO₂, CH₄, N₂O)	• Les facteurs d'émission utilisés par le référentiel sont basés sur le type de combustible au combustible sans prendre en considération la différence des conditions d'exploitation entre les différentes installations où y sont utilisés. Constructeur. • La différence entre la composition réelle du flux sur lequel le facteur d'émission est appliqué et la composition par défaut sur laquelle le facteur d'émission est basé. • Teneur en carbone et pouvoirs calorifiques nets : L'incertitude associée à la teneur en carbone et les pouvoirs calorifiques nets résulte de deux éléments principaux, l'exactitude avec laquelle les valeurs sont mesurées et la variabilité de la source d'approvisionnement du combustible et la qualité de l'échantillonnage des approvisionnements disponibles.

De ce fait, et à partir des données disponibles, les avantages associés à la méthode « **Facteur d'émission** » durant la réalisation des calculs sont indéniables d'autant plus que l'écart entre ses résultats et ceux du bilan carbone (la méthode la plus précise selon le diagramme de variation des niveaux de précision donné par l'API) est insignifiant. De plus cette méthode est rapide et commode d'emploi. On en conclue que la méthodologie de calcul des gaz à effet de serre par le facteur d'émission adoptée par le référentiel est pratique et efficiente.

De ce fait, et à partir de la fiabilité que la méthode de facteur d'émission a révélé, on a rapporté les résultats de cette méthode qui vont prendre la forme d'un document qui est « **L'inventaire des gaz à effet de serre pour le complexe GP1Z** ».

Tableau IV.15 : Quantité des gaz émis par type de gaz.

Gaz émis	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Quantité	72465,37231	1,293071	0,1290741

**Figure IV.4 :** présentation des quantités émises par type de gaz dans les 3 équipements.**Tableau IV.16 : Quantité de CO₂ émise par équipement.**

Equipements	Turbine (02-CT-1001)	Chaudière (22-H-6501)	Four (32-H-9501)
Quantité de CO ₂ émise (Eq-CO ₂ /an)	19227,84229	11397,64769	61594,67962

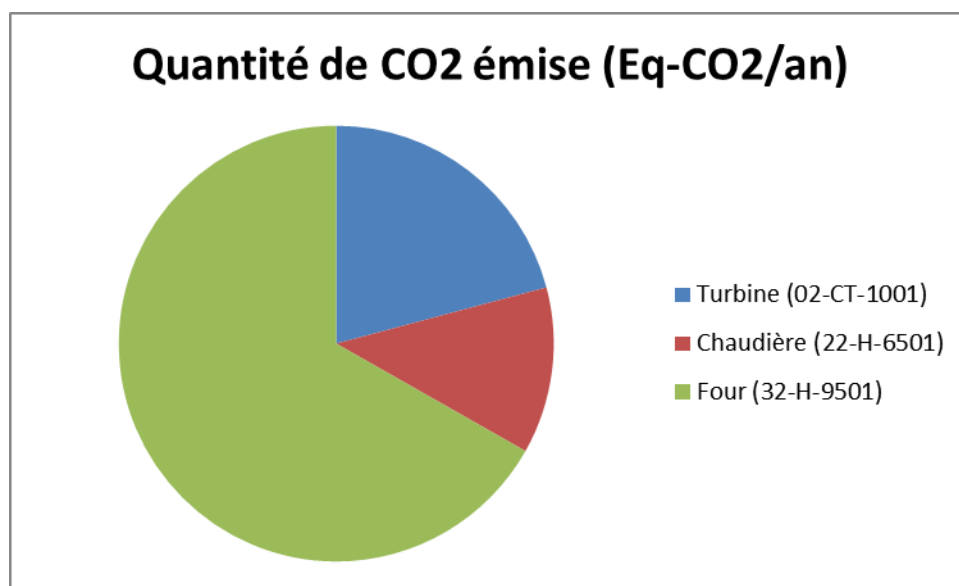


Figure IV.5 : présentation de la quantité émise par équipement.

Ces deux graphiques montrent que les quantités d'émissions de **CH₄** et de **N₂O** liées à la combustion sont quasi inexistantes par rapport à celle du **CO₂**. Nous pouvons donc en conclure que la combustion est l'activité la plus génératrice de gaz à effet de serre, en particulier le **CO₂**, qui a le plus fort potentiel de réchauffement global le plus important.

Le four est la plus importante source d'émissions de GES dans le complexe GP1/Z.

Tableau IV.17 : inventaire des émissions de GES au niveau du complexe GP1Z

Équipement	Données d'activité(TJ)		Emission (Eq - CO ₂)									
			Gaz naturel			Ethane			Totale			
	GN	C2	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	E Total (Eq-CO ₂ /an)
Turbine T100	8954162,76		19209,043	0,34383	0,03424				19209,043	0,34383	0,03424	19227,8423
Chaudière PH III	5307764,26		11386,5556	0,2029	0,0202				11386,556	0,2029	0,0202	11397,6477
Four T900	19517305,9	53882 11,06	41869,7737	0,74634	0,074634	19697,6909	0,31926	0,03193	61567,646	1,0656	0,393894	61594,6796

Tableau IV.18 : Comparaison entre les résultats de calcul par la méthode facteur d'émission de l'année 2021 par rapport à celle du 2020

Année de Reporting Equipement	Méthode Facteur d'émission pour l'année 2021 (Eq- CO2/An)	Méthode Facteur d'émission pour l'année 2020 (Eq- CO2/An)
Turbine	19200	12500
Chaudière	11300	15000
Four	61500	46600

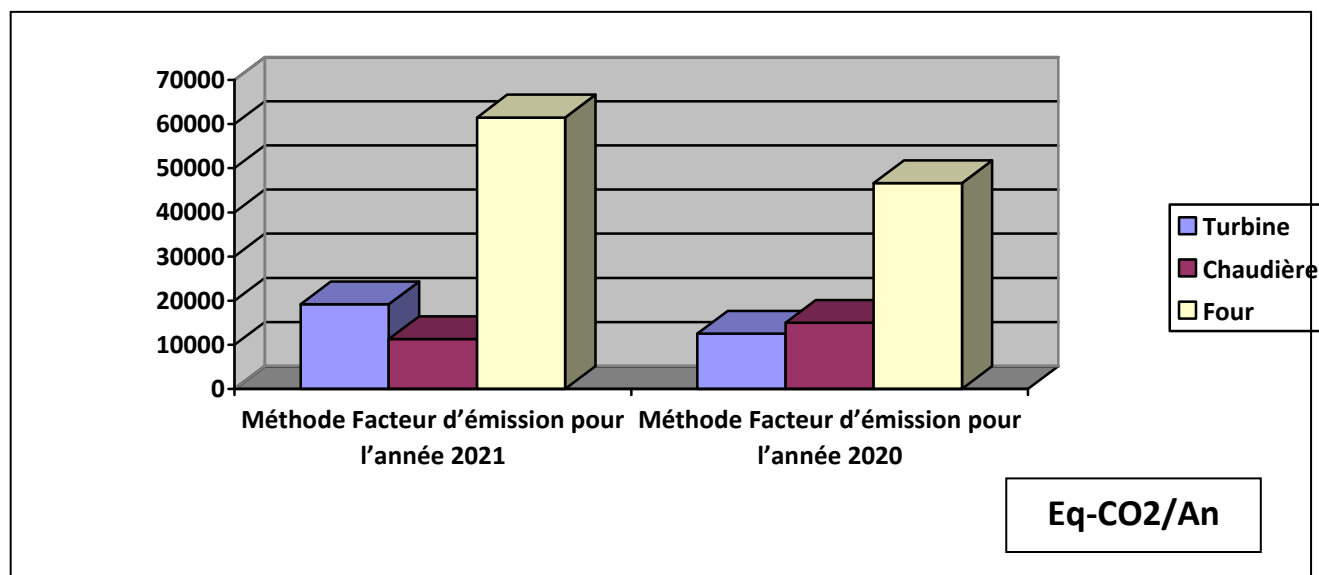


Figure IV.6 : présentation de la quantité des gaz émise pendant l'année 2020 et 2021 par la méthode Facteur d'émission.

▪ Interprétation du graphe

La représentation graphique, ci-dessous nous montre clairement une forte augmentation des émissions d'oxyde de carbone en 2021 par rapport aux émissions de l'année 2020, c'est fluctuations peuvent être dues à plusieurs facteurs parmi eux :

- c- La quantité de production de GPL, elle avait baissé en 2020 en raison de la pandémie de COVID-19 mais le voilà repartir à la hausse en 2021.
- d- Des pannes au niveau des installations en 2020.

Conclusion Générale

Réduire les émissions de gaz à effet de serre est un enjeu incontournable dans une démarche de développement durable. La quantification des émissions via un inventaire est la première étape nécessaire qui va permettre d'engager des mesures efficaces pour la protection de l'environnement par un processus régulier d'évaluation quantitative des émissions qui repose sur la méthodologie des facteurs d'émissions.

L'objectif de notre mémoire est de montrer comment la quantification des gaz à effet de serre peut être un outil de création de la valeur ajoutée. D'autre part, il permettra de vérifier l'efficacité de la méthodologie des calculs des émissions adoptée par le référentiel de SH par rapport à la méthodologie des bilans carbone préconisée par les standards internationaux tel que le GIEC et l'API.

Par ailleurs, l'objectif majeur de notre mémoire était l'établissement d'un inventaire des gaz à effet de serre qui est un processus de déclaration. Sur ce cas de synthèse, il est nécessaire de suivre à l'apport théorique et pratique de l'établissement d'un inventaire des gaz à effet de serre en matière de valeur ajoutée.

Les résultats des calculs des quantités de CO₂ émises par les deux méthodes des différentes sources d'émission ont montré un écart très faible entre les résultats obtenus par la méthode de facteur d'émission par rapport à ceux obtenus par la méthode bilan carbone.

De ce fait, et à partir des données disponibles, la méthode facteur d'émission présente des avantages indéniables quant à sa rapidité, sa commodité et sa facilité d'utilisation.

Cela conforte la préconisation de la méthode "facteur d'émission" donnée par le référentiel GES de Sonatrach.

Références bibliographiques

- [01] Contribution Prévue Déterminée au niveau national CPDN – Algérie le 03 septembre 2015
- [02] Manuel Opérateur du complexe GP1/Z – Département technique
- [03] MONNOT.G. La combustion dans les fours et les chaudières. Edition Technip.ISBN2.7 08-0320
- [04] Site officiel United Nations – Climate change
- [05] Rapport de synthèse GIEC- 2007
- [06] Guide de quantification des émissions de GES 2019 / Ministère de l’environnement et de la lutte
Contre les changements climatiques – Québec-Canada
- [07] Agence de la transition écologique – ADEME Expertise – 28/08/2017 réduire émissions GES
- [08] Article scientifique : GEO.Fr/Environnement/Gaz-a-effet-de-serre- Publié le 19/11/2018
- [09] Effet de serre – Climate consulting selectra
- [10] La norme ISO14064-1- Gaz à effet de serre, Partie 01 : Spécifications et lignes directrices, au
Niveau des organismes pour la quantification et la déclaration des émissions et des suppressions
Des GES – 2ème Edition 2018-12
- [11] Référentiel pour l’établissement des inventaires des GES de Sonatrach, Version 03/2019 –
Direction centrale Santé, Sécurité et environnement.
- [12] API, Compendium of Greenhouse Gases Emissions estimation Methodologies for the Oil and gas
Industry, Aout 2019
- [13] Comptabilisation des émissions de GES, Secteur d’énergie Février 2019 (ORAN, Arzew)
- [14] Mauss F .Les combustibles liquides : Spécifications, réglementations, utilisations .Edition
Technip2002
- [15] Cadre de négociation internationales – Accord de paris et engagements internationaux de
L’Algérie – l’Expert Rachid Bessoud
- [16] Convention ONU 1992.PDF/ Unfccc.int/ressource/docs/convkp

Annexe 01

Pouvoirs calorifiques (hydrocarbures Algériens)

de	à	TEP	GJ
	Multiplier par		
1000 m ³ (standard) de GN		0,945	39,57
1 m ³ de GNL		0,575	24,07
Une tonne de condensat		1,132	47,40
Une tonne de pétrole brut		1,103	46,20
1 tonne de propane		1,106	46,33
1 tonne de butane		1,092	45,72
1 tonne de GPL *		1,099	46,02
1 tonne de GPL/ c**		1,104	46,21
1 tonne d'essence		1,069	44,75
1 tonne de kérosène		1,049	43,92
1 tonne de gas-oil		1,036	43,38
1 tonne de fuel-oil		1,007	42,18

Annexe 02

Poids moléculaires et pouvoirs calorifiques bruts des hydrocarbures

Compound		Molecular Weight	Ideal Gross Heating Value, 60°F, 1 atm ^a	
			(Btu/scf)	(MJ/standard m ³)
Methane	CH ₄	16.04	1009.7	37.620
Ethane	C ₂ H ₆	30.07	1768.8	65.904
Propane	C ₃ H ₈	44.10	2517.5	93.799
n-Butane	C ₄ H ₁₀	58.12	3262.1	121.54
n-Pentane	C ₅ H ₁₂	72.15	4009.6	149.39
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	86.18	4756.2	177.21
n-Heptane	C ₇ H ₁₆	100.20	5502.8	205.03
Octanes	C ₈ H ₁₈	114.23	6248.9 ^b	232.83
C9+		156.31 (MW of C ₁₁ H ₂₄)	8488.46 ^c (HHV of C ₁₁ H ₂₄ , gas)	316.27
Carbon Dioxide	CO ₂	44.01	N/A	

Annexe 03

Facteur d'émission pour le GN et le GNL

Combustible	Gaz Naturel		
Gaz à effet de serre	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
EF ID (identifiant unique du facteur d'émission selon la nomenclature du GIEC)	117642	117696	117750
Valeur	56100	1	0.1
Unité	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Upper uncertainty for 95% confidence limit:	58300	3	0.3
Lower uncertainty for 95% confidence limit:	54300	0.3	0.03
Combustible	GNL		

Gaz à effet de serre	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
EF ID (identifiant unique selon la nomenclature du GIEC)	117606	117660	117714
Valeur	64200	3	0.6
Unité	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Upper uncertainty for 95% confidence limit:	70400	10	2
Lower uncertainty for 95% confidence limit:	58300	1	0.2

FACTEURS D'EMISSION PAR DEFAUT POUR LA COMBUSTION STATIONNAIRE DANS LES INDUSTRIES ENERGETIQUES
(kg de gaz à effet de serre par TJ sur une base calorifique nette)

Combustible		CO ₂			CH ₄			N ₂ O		
		Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure	Facteur d'émission par défaut	Limite inférieure	Limite supérieure
Pétrole brut		73 300	71 000	75 500	3	1	10	0,6	0,2	2
Liquides de gaz naturel		64 200	58 300	70 400	3	1	10	0,6	0,2	2
Essence	Essence automobile	69 300	67 500	73 000	3	1	10	0,6	0,2	2
	Essence aviation	70 000	67 500	73 000	3	1	10	0,6	0,2	2
	Essence pour carburateurs	70 000	67 500	73 000	3	1	10	0,6	0,2	2
Kérosène pour carburateur		71 500	69 700	74 400	3	1	10	0,6	0,2	2
Autres kérosènes		71 900	70 800	73 700	3	1	10	0,6	0,2	2
Huile de schiste		73 300	67 800	79 200	3	1	10	0,6	0,2	2
Gasoil / Diesel		74 100	72 600	74 800	3	1	10	0,6	0,2	2
Fiouls résiduels		77 400	75 500	78 800	3	1	10	0,6	0,2	2
Gaz de pétrole liquéfiés		63 100	61 600	65 600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Ethane		61 600	56 500	68 600	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3

Naphta		73 300	69 300	76 300	3	1	10	0,6	0,2	2
Bitume		80 700	73 000	89 900	3	1	10	0,6	0,2	2
Lubrifiants		73 300	71 900	75 200	3	1	10	0,6	0,2	2
Coke de pétrole		97 500	82 900	115 000	3	1	10	0,6	0,2	2
Intermédiaires des raffineries		73 300	68 900	76 600	3	1	10	0,6	0,2	2
Autres types de pétrole	Gaz de raffinerie	57 600	48 200	69 000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Cires de pétrole	73 300	72 200	74 400	3	1	10	0,6	0,2	2
	White spirit et SBP	73 300	72 200	74 400	3	1	10	0,6	0,2	2
	Autres produits pétroliers	73 300	72 200	74 400	3	1	10	0,6	0,2	2
Goudron de houille		80 700	68 200	95 300	1	0,3	3	1,5	0,5	5
Gaz dérivés	Gaz d'usine à gaz	44 400	37 300	54 100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gaz de four à coke	44 400	37 300	54 100	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gaz de hauts fourneaux	260 000	219 000	308 000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
	Gaz de convertisseur à l'oxygène	182 000	145 000	202 000	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Gaz naturel		56 100	54 300	58 300	1	0,3	3	0,1	0,03	0,3
Déchets industriels		143 000	110 000	183 000	30	10	100	4	1,5	15
Huiles résiduelles		73 300	72 200	74 400	30	10	100	4	1,5	15
Tourbe		106 000	100 000	108 000	1	0,3	3	1,5	0,5	5

Annexe 04

Diagramme de variation de niveau de précision des méthodes de calcul GES selon Compendium of greenhouse Gases 2009

