



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Kasdi Merbah Ouargla
Institut de Technologie



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLÔME DE LICENCE PROFESSIONNEL

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Hygiène et Sécurité Industrielles

Spécialité : Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE)

Par :

BEN BELGHIT maamar– BENLAMOUDI ramzeddine
– **HEMAZA makhlouf–MAMMIR ben salem**

Thème :

**Analyse des risques d'un procédé pétrolier selon la
méthode HAZOP**
**Cas de : sphère de stockage GPL au niveau du centre
CSTF de Hassi R'mel**

Soutenu publiquement le **20/05/2026** devant le jury composé de :

M. BOUALI LYNDA

Université d'Ouargla

Président

M. TOUAHAR HAFED

Université d'Ouargla

Examineur

M. ABBES ABDELBARI

Université d'Ouargla

Encadreur

Année Universitaire : 2025/2026

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à mon cher père et à ma chère mère, pour leur amour, leurs sacrifices, leur patience et leur soutien tout au long de mon parcours.

À toute ma famille, pour leurs encouragements et leur présence à mes côtés, en particulier à mon oncle Abdelkader, pour son soutien et ses précieux conseils.

À mes amis, pour leur aide, leur motivation et les bons moments partagés.

Et à toutes les personnes qui nous ont soutenus et encouragés de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

-BEN SALEM

À ma mère, dont les prières et l'amour inconditionnel ont illuminé chacun de mes pas.

À mon père, dont les sacrifices et la confiance ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

À ma famille, mes amis, et mon cousin Yassine, pour leur soutien sincère et précieux.

Je vous dédie ce modeste travail avec tout mon amour et ma gratitude.

-MAKHLOF

À mes très chers parents,

Pour leur amour, leur soutien et leurs sacrifices tout au long de mon parcours.

À la mémoire de mon grand-père bien-aimé, récemment disparu,

Dont la sagesse et les prières resteront gravées dans mon cœur.

Qu'Allah lui accorde Sa miséricorde et l'accueille dans Son vaste paradis.

Je dédie ce travail avec gratitude, respect et amour.

-MAAMAR

À mes très chers parents, ma mère et mon père, source d'amour, de soutien et de sacrifices, qui m'ont toujours encouragé tout au long de mon parcours.

À mes amis, pour leur aide, leur présence et leur soutien moral durant cette étape importante de ma vie.

Je leur dédie ce travail avec une profonde gratitude, un grand respect et beaucoup d'amour.

-RAMZEDDINE



REMERCIEMENT :

Tout d'abord, et avant toute chose, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, qui nous a accordé le courage, la force et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Ce message est une expression de gratitude et de reconnaissance envers toutes les personnes qui nous ont aidés et guidés tout au long de la réalisation de ce travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre encadrant, **Monsieur Abbas Abdelbari**, dont les conseils précieux, les orientations et les encouragements ont joué un rôle fondamental dans l'aboutissement de ce travail.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à Monsieur **Boubrek Islam**, technicien en sécurité à l'usine **CSTF – Hassi R'mel**, ainsi qu'à toute l'équipe du service **CSTF** pour leur accueil chaleureux, leur soutien et leur accompagnement tout au long de la réalisation de ce travail.

Enfin, nous n'oublions pas de remercier toute la famille de l'**Institut de Technologie** pour leur accompagnement, leur disponibilité et leurs encouragements tout au long de notre formation.

SOMMAIRE

Dédicace :	I
REMERCIEMENT :	II
SOMMAIRE	III
Références bibliographiques	V
Annexe A.....	V
Annexe B.....	V
Annexe C.....	V
LISTE DES FIGURES :	VI
LISTE DES TABLEAUX :	VII
LISTE DES ABREVIATIONS :	VIII
Résumé : -.....	IX
Introduction générale	1
CHAPITRE I :	4
I.1 Introduction :	5
I.2 Définitions fondamentales :	5
I.3 Analyse de risques :	7
I.3.1 Définition de l'analyse des risques :	7
I.3.2 Démarche d'analyse et gestion des risques	7
I.3.3 Objectifs de l'analyse des risques :	9
I.3.4 Importance de l'analyse des risques	9
I.3.5 Les classifications des méthodes d'analyse des risques	10
A. Les méthodes qualitatives	10
B. Les méthodes semi quantitatives.....	10
C. Les méthodes quantitatives	11
I.4 Description de la méthode HAZOP :	11
I.4.1 Historique :	11
I.4.2 Objectifs :	11
I.4.3 Principe :	12
I.4.4 Les paramètres étudiés :	12
I.4.5 Les mots-clés HAZOP (Mots-guides).....	12
I.4.6 Methodologie de l'étude HAZOP	13

I.4.7	Équipe HAZOP :	14
I.4.8	Avantages :	15
I.4.9	Limites :	16
I.5	Conclusion :	16
CHAPITRE II : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE ET SITE D'ETUDE.....		2
II.1	Introduction :	18
II.2	Description du champ Hassi R'Mel :	18
II.2.1	Présentation de la région de Hassi R'Mel	18
II.2.2	L'exploitation du champ de Hassi R'Mel.....	19
II.3	Historique de SONATRACH	21
II.4	Description du CSTF :	22
II.4.1	Localisation du site CSTF et installations voisines :	22
II.4.2	Principales installations de stockage :	23
II.4.3	Description du fonctionnement du site de Stockage et de transfert du GPL :	24
II.4.3.1	Section du stockage et transfert du GPL :	24
II.4.3.2	Section de compression du GPL :	25
II.4.3.3	Section de torche:	26
II.4.3.4	Section de vide-vite :	26
II.5	La division HSE : Erreur ! Signet non défini.	
II.6	Description de la zone de stockage (zone d'étude) :	27
II.7	Conclusion :	27
CHAPITRE III : Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL.....		2
III.1	Introduction :	30
III.2	Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016) :	30
III.2.1	Caractéristiques technique de la sphère 50-T016 :	30
III.2.2	Équipements de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL 50-T016 :	31
III.2.3	Éléments et dispositifs de Sécurité de la Sphère de stockage GPL.....	32
III.2.3.1	Unité de compression du GPL (BOIL OFF HOLDING)	32
III.2.3.2	La vanne PIC 019 vers torche	33
III.2.3.3	La vanne HXCV 014 vers torche	33
III.2.3.4	Soupapes PSV vers torche :	33
III.2.3.5	Soupapes PSV ver atmosphère :	33
III.2.3.2.6	Vannes pneumatique de la ligne de vidange et d'alimentation de la sphère : ..	33
III.2.3	Equipements de la sphère de stockage GPL 50-T016 :	35

III.3 Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL:	37
III.4 améliorations :	42
4)Intégration	42
III.5 Conclusion :	43
Conclusion générale	43
Références bibliographiques	44
Processus de réalisation du BLEVE :	46
Section de stockage et de transfert de GPL	47
Références bibliographiques	
Annexe A	
Annexe B	
Annexe C	

LISTE DES FIGURES :

Figure I.1 : Processus de gestion des risques.....	7
Figure I.2 stratégie de réduction des risques.....	9
Figure II-1 Représentation géographique du champ Hassi R'Mel	19
Figure II-2 Champ gazier de Hassi R'Mel.....	20
Figure II-3 Organigramme de la Direction Régionale de HASSI R'MEL	21
Figure II-4 Centre de Stockage et de Transfert Facilités CSTF	22
Figure II-5 Centre de Stockage et de Transfert Facilités CSTF	25
Figure III-1 Unité de compression du GPL (BOIL OFF).....	33
Figure III-2 Equipements de la sphère	36

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau I.1 Les mots-clés HAZOP (Mots-guides).....	13
Tableau I.2 Équipe HAZOP.....	15
Tableau II.1 Principales installations de stockage CSTF	23
Tableau III.1 Paramètres techniques de la sphère de stockage 50-T016.....	GPL 30
Tableau III.2 : Équipements de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL 50-T016.....	31
Tableau III.3 Fiche d'identification de l'étude HAZO.....	37
Tableau III-4 HAZOP sur Une sphère de stockage GPL 50-T016.....	41

LISTE DES ABREVIATIONS :

BDV	Blow Down Valve
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
ESD	Emergency Shut Down
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
HAZOP	Hazard and Operability Study
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
UVCE	Unconfined Vapour Cloud Explosion
CSTF	Centre de Stockage et de Transfert Facilités
ATEX	Atmosphères Explosible
POI	Plan d'Opération Interne
PII	Plan d'intervention interne
PVS	pressure safety valve
PIC	pressure indicator controller

Résumé : - Cette étude porte sur l'analyse des risques liés au stockage du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) au niveau du Centre de Stockage et de Transfert Facilités (CSTF) de Hassi R'Mel. En raison de la nature inflammable des hydrocarbures et des conditions de pression des installations, les sphères de stockage GPL représentent des équipements sensibles pouvant être à l'origine d'accidents industriels majeurs.

Dans ce travail, une étude de risques a été réalisée sur **la sphère de stockage GPL 50-T016** à l'aide de la méthode **HAZOP**. Cette méthode a permis d'identifier les déviations possibles du fonctionnement normal du procédé, d'analyser leurs causes ainsi que leurs conséquences sur les installations, le personnel et l'environnement. L'étude s'est principalement concentrée sur les paramètres critiques du procédé tels que la pression, la température, le niveau et le débit.

Les résultats obtenus ont mis en évidence l'importance des dispositifs de prévention et de protection appliqués au niveau du **CSTF** afin d'assurer la sécurité des opérations de stockage du **GPL**. Cette étude souligne également la nécessité d'une surveillance rigoureuse et d'une maintenance préventive des équipements afin de réduire les risques industriels et de limiter les conséquences humaines, matérielles et environnementales.

Mots-clés : HAZOP, GPL, Sphère de stockage, Sécurité industrielle.

ملخص : تتناول هذه الدراسة تحليل المخاطر المرتبطة بتخزين غاز البترول المميع (GPL) على مستوى مركز التخزين والتحويل (CSTF) بحاسي الرمل. ونظراً للطبيعة القابلة للاشتعال للهيدروكربونات وظروف الضغط داخل المنشآت، فإن كرات تخزين GPL تُعد من التجهيزات الحساسة التي قد تكون سبباً في وقوع حوادث صناعية خطيرة.

في هذا العمل، تم إجراء دراسة للمخاطر على كرة تخزين GPL رقم 50-T016 باستعمال منهجية HAZOP، حيث سمحت هذه الطريقة بتحديد الانحرافات المحتملة عن ظروف التشغيل العادية، وتحليل أسبابها ونتائجها على المنشآت، والعمال، والبيئة. وقد ركزت الدراسة أساساً على المعايير التشغيلية الحرجة مثل الضغط، ودرجة الحرارة، والمستوى، والتدفق.

أظهرت النتائج أهمية وسائل الوقاية والحماية المعتمدة على مستوى مركز CSTF لضمان سلامة عمليات تخزين GPL، كما أبرزت ضرورة المتابعة المستمرة والصيانة الوقائية للمعدات من أجل التقليل من المخاطر الصناعية والحد من الخسائر البشرية والمادية والبيئية.

الكلمات المفتاحية: الانفجارات، غاز البترول المسال، كرية التخزين، السلامة الصناعية

Introduction générale

Introduction générale :

L'industrie pétrolière constitue l'un des secteurs les plus importants pour l'économie, notamment dans les pays producteurs d'hydrocarbures comme l'Algérie, où elle représente une source essentielle de revenus et de développement. Cependant, les opérations liées à la production, au transport et au stockage des hydrocarbures présentent de nombreux risques techniques et opérationnels pouvant engendrer des accidents graves affectant la sécurité des personnes, des installations et de l'environnement. Ainsi, l'analyse des risques industriels devient indispensable afin d'assurer la sécurité des procédés et la continuité de l'exploitation.

Les unités de stockage du Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL) figurent parmi les installations les plus sensibles en raison du caractère inflammable des produits stockés ainsi que des conditions de fonctionnement liées à la pression et à la température. Par conséquent, toute déviation par rapport aux conditions normales de fonctionnement peut provoquer des situations dangereuses nécessitant une étude approfondie afin de maîtriser les risques et de réduire leurs conséquences potentielles.

Dans ce contexte, le présent travail porte sur l'analyse des risques de la sphère de stockage 50-T016 du Centre de Stockage et de Transfert Facilités (CSTF), en utilisant la méthode HAZOP (Hazard and Operability Study), considérée comme l'une des principales méthodes qualitatives d'analyse des risques dans le domaine de la sécurité industrielle. Cette méthode repose sur une approche systématique et structurée permettant d'identifier les déviations possibles du fonctionnement normal du procédé, d'analyser leurs causes et leurs conséquences, puis de proposer des mesures préventives adaptées.

Cette étude est consacrée à l'analyse des risques liés à la sphère de stockage GPL 50-T016, à travers le découpage du système en différents nœuds d'étude (Nodes), puis l'application des mots-guides de la méthode HAZOP afin d'identifier les déviations potentielles concernant la pression, la température, le débit, le niveau ainsi que les autres paramètres opératoires. L'objectif principal est de mettre en évidence l'importance de la méthode HAZOP dans l'amélioration de la sécurité industrielle et la prévention des accidents au sein des installations pétrolières.

Introduction générale :

Ce travail est structuré en trois chapitres :

Le premier chapitre présente les notions générales relatives aux risques industriels, au management des risques ainsi qu'à la méthode HAZOP adoptée dans cette étude.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation du complexe CSTF, de ses principales installations ainsi qu'à la description de la sphère de stockage GPL étudiée et des dispositifs de sécurité associés.

Le troisième chapitre traite l'application pratique de la méthode HAZOP sur la sphère de stockage GPL afin d'identifier les déviations de fonctionnement, leurs causes, leurs conséquences ainsi que les mesures de prévention et de protection mises en place.

CHAPITRE I :
Généralités sur l'Analyse de
risques

I.1 Introduction :

Le secteur industriel, notamment pétrolier et gazier, est par nature exposé à une multitude de risques inhérents aux procédés d'exploitation et de traitement des hydrocarbures. Ces installations, de par leur complexité et la nature des produits qu'elles manipulent, peuvent se retrouver confrontées à des situations dangereuses aux conséquences potentiellement graves, qu'il s'agisse d'impacts sur la sécurité des personnes, l'intégrité des équipements ou encore la préservation de l'environnement. Face à ces enjeux, l'analyse des risques s'impose comme une démarche incontournable, permettant non seulement d'anticiper les dangers, mais aussi de mettre en place les mesures préventives et correctives adaptées.

Ce chapitre pose les bases conceptuelles nécessaires à la compréhension de cette démarche. Dans un premier temps, les principales définitions propres au domaine de l'analyse des risques seront présentées, afin d'établir un cadre terminologique clair et rigoureux. Ensuite, les fondements du management des risques seront abordés, en mettant en lumière les différentes étapes qui structurent ce processus. Enfin, une place centrale sera accordée à la méthode HAZOP, retenue comme approche méthodologique dans le cadre de cette étude, en raison de sa pertinence et de son efficacité reconnue pour l'analyse des dangers liés aux procédés industriels.

I.2 Définitions fondamentales :

- **Danger**

La propriété intrinsèque ou la faculté d'un objet, d'une substance, d'un processus ou d'une situation de provoquer des effets délétères ou de compromettre la santé et la sécurité du travailleur. (L'ANALYSE DES RISQUES Direction Générale Humanisation Du Travail Direction Générale Contrôle Du Bien-Être Au Travail Division Des Études Juridiques, de La Documentation et Du Contentieux, 2009)

Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés...pouvant entraîner un dommage. (INRS ;2008)

- **Risque**

Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté(accident) et de la gravité de ses conséquences (INRS 2008)

D'une manière générale, le risque peut être considéré comme la combinaison de deux facteurs : la fréquence de l'occurrence de l'évènement dangereux et la gravité de conséquences.

Risque (R) = Probabilité (P) × Gravité (G)

- **Sécurité**

La sécurité se définit comme l'absence de danger ou de situations susceptibles engendrer un risque intolérable.

C'est également l'évaluation d'un niveau de confiance concernant l'acceptabilité d'un risque.(Mazouni, 2018)

D'après les définitions précédentes, la sécurité est en général associée à l'absence de risque Inacceptable. Il y a 20 ans, en l'occurrence dans la norme ISO/CEI Guide 2, le concept de sécurité était associé à

la gravité des dommages : « La sécurité est l'absence de risque de dommage inacceptable » (ISO/CEI Guide 2,1986). Cette forte corrélation risque/gravité a été ensuite pondérée avec la probabilité d'occurrence : « La sécurité est l'absence de risque inacceptable » (ISO/CEI Guide 51, 1999).(GUIDE 51, n.d.)

- **Accident**

Conséquences négatives d'un phénomène dangereux(INRS,2008.)

- **Incident**

Événement indésirable conduisant à des dommages pour les installations, matériels, process industriels, ou pour l'environnement, circonscrits au périmètre de l'entreprise(INRS,2024.)

- **Gestion des risques**

La gestion des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées visant à réduire le risque à un niveau considéré comme acceptable ou tolérable, dans un contexte et à un moment déterminé.

La norme ISO 31000 V 2018 définit le management des risques (ou gestion) des risques comme les activités coordonnées qui ont pour but de diriger et de contrôler une organisation face aux risques. Un risque est défini comme l'impact de l'incertitude sur les objectifs de l'organisation. Le management des risques est un processus global qui comprend plusieurs étapes. Il s'agit d'abord d'établir le contexte, puis de consulter les parties prenantes. Ensuite, il faut traiter les risques et enfin les surveiller de manière continue. Le management des risques ne se limite pas à identifier les dangers, mais il englobe toutes ces étapes pour assurer une gestion efficace des risques. (Guidelines NORME INTERNATIONALE ISO 31000, 2018)

D'une manière générale, la gestion des risques constitue un processus itératif comprenant principalement les étapes suivantes :

- L'appréciation du risque, incluant l'analyse et l'évaluation des risques.
- L'acceptation du risque.
- La maîtrise ou la réduction du risque.

Les différentes étapes de la gestion des risques sont illustrées dans la **figure I1**.

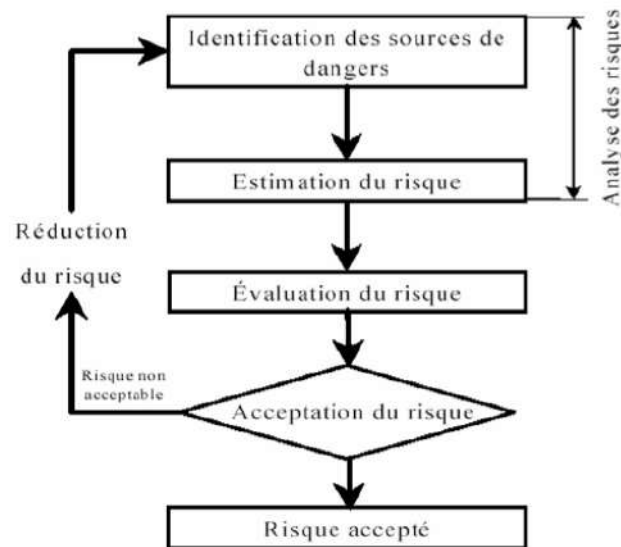


Figure I.1 : Processus de gestion des risques

I.3 Analyse de risques :

I.3.1 Définition de l'analyse des risques :

L'analyse des risques est une méthode structurée consistant à repérer les risques possibles, examiner la probabilité de leur survenance et évaluer les conséquences qui en découlent pour mettre en œuvre des stratégies de gestion adaptées. Comme le stipule la norme ([Management Du Risque-Lignes Directrices Risk Management-Guidelines NORME INTERNATIONALE ISO 31000, 2018b](#)), un risque est « l'impact de l'incertitude sur les objectifs ». L'analyse des risques représente une phase cruciale dans le cycle complet de gestion des risques qui englobe l'identification, l'analyse, l'évaluation et la gestion des risques.

I.3.2 Démarche d'analyse et gestion des risques

1) Identification des sources de danger :

Cela consiste à identifier les sources de dangers et les situations liées qui pourraient entraîner des préjudices aux personnes, à l'environnement ou aux biens. de danger :

Ce travail implique de se questionner sur :

- la nature des dangers.
- Le nombre d'êtres humains potentiellement exposés.

- L'emplacement, la durée d'exposition.
- Les conditions d'exposition.

Par la suite, l'analyse des risques aide à souligner les mesures de sécurité déjà en place afin d'éviter l'émergence d'une situation périlleuse (mesures de prévention) ou d'en atténuer les effets (mesures de protection).([Bouziane HADIDI KABKOUB Mohamed REBHI R, 2019.](#))

2) Estimation du risque :

Suite à cette identification, il convient d'estimer les risques afin de prioriser les risques relevés durant l'évaluation et de permettre une comparaison ultérieure de ce degré de risque à un degré considéré comme acceptable.

Son évaluation peut être réalisée de façon semi-quantitative à partir :

- d'un niveau de probabilité que le dommage survienne,
- d'un niveau de gravité de ce dommage.

Il va de soi que l'acceptation de ce risque dépend de l'établissement préalable de critères d'acceptation du risque.

De ce fait, la précision dans l'évaluation du risque dépend en partie de ces critères. ([Bouziane HADIDI KABKOUB Mohamed REBHI R, 2019.](#))

3) Évaluation du risque

L'évaluation du risque désigne une méthode basée sur l'examen du risque pour déterminer si le niveau de risque acceptable est atteint (Guide ISO/CEI 51). Elle se remet à évaluer le niveau de risque estimé par rapport à un niveau considéré comme acceptable ou tolérable.

4) Acceptation du risque :

L'établissement de critères d'acceptabilité du risque constitue une phase cruciale dans le processus de gestion des risques, étant donné qu'il va susciter l'exigence d'examiner de nouvelles méthodes de diminution du risque et rétroactivement, orienter les modalités de réalisation de l'analyse et l'évaluation des risques.

Cette étape essentielle est fréquemment la plus complexe. On comprend que ces critères dépendent du contexte de l'établissement impliqué et des buts visés dans la gestion des risques.

5) Réduction du risque

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) fait référence à l'ensemble des mesures ou dispositions mis en place pour réduire la probabilité ou la gravité des dommages associés à un

risque spécifique. De telles mesures doivent être envisagées dès lors que le risque considéré est jugé inacceptable.

De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque concernent :

- la prévention, c'est-à-dire réduire la probabilité d'occurrence de la situation de danger à l'origine du dommage ;
- la protection, visant à limiter la gravité du dommage considéré.

Les mesures de réduction du risque doivent être envisagées et mises en œuvre tant que le risque est jugé inacceptable. (Nouhed ACHOURI, 2009)

La **Figure I.2** suivante présente la stratégie de réduction des risques

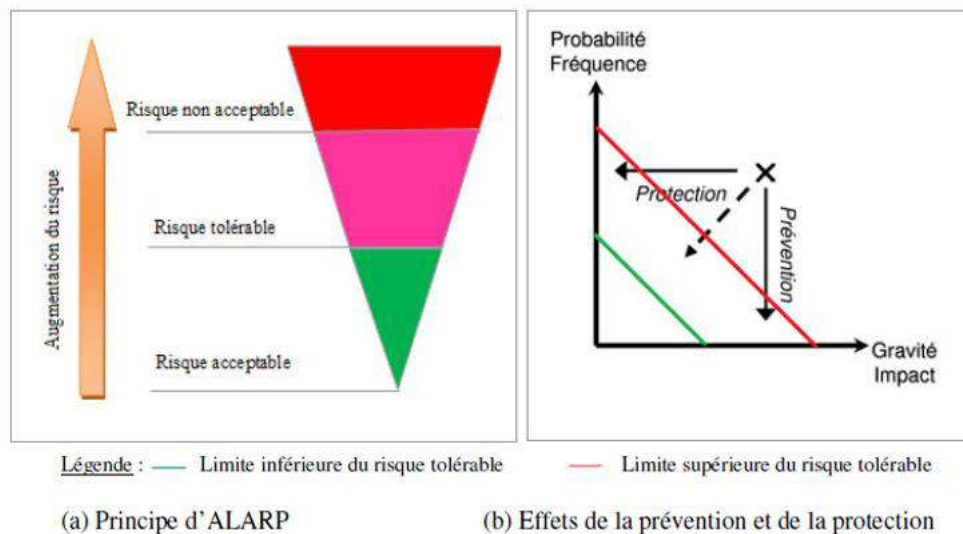


Figure I.2 stratégie de réduction des risques

I.3.3 Objectifs de l'analyse des risques :

Les principaux objectifs de l'analyse des risques sont :

- Identifier les sources de danger
 - Évaluer la probabilité d'occurrence des risques
 - Estimer la gravité des conséquences
 - Classer les risques selon leur niveau de criticité
 - Mettre en place des mesures de prévention adaptées
 - Améliorer le niveau de sécurité et de prévention
- Le processus de management des risques vise globalement à soutenir la prise de décision et à réduire l'incertitude associée aux activités organisationnelles

I.3.4 Importance de l'analyse des risques

L'analyse des risques a une importance toute particulière dans le fonctionnement des organisations modernes, en ce qu'elle permet :

- D'identifier les dangers avant leur apparition.
- De limiter les pertes humaines et les pertes matérielles.
- D'améliorer la prise de décision.

- D'augmenter la sécurité au travail.
- De garantir la permanence des activités.
- De protéger les ressources de l'entreprise D'après la norme(Management Du Risque- Lignes Directrices Risk Management-Guidelines NORME INTERNATIONALE ISO 31000, 2018b), le management des risques contribue à améliorer la performance des organisations et augmente ainsi les chances de réussite des objectifs stratégiques(*Risk Management : Risk Assessment Techniques = Management Du Risque -Techniques d'appréciation Du Risque*, 2019).

I.3.5 Les classifications des méthodes d'analyse des risques

Selon la norme (*Risk Management : Risk Assessment Techniques = Management Du Risque - Techniques d'appréciation Du Risque*, 2019), les méthodes de réalisation des analyses des risques sont classées en trois catégories principales : qualitatives, semi quantitatives et quantitatives.

Les méthodes qualitatives reposent plutôt sur le jugement d'experts ou l'analyse descriptive des situations à risque qui sont utilisées chaque fois que les données quantitatives sont faibles ou manquantes et comprennent des méthodes telles que :

A. Les méthodes qualitatives

- Brainstorming
- L'isect de vérification
- Analyse What if
- SWIFT
- HAZOP (**La méthode HAZOP a été choisie pour analyser les risques parce qu'elle convient très bien aux procédés industriels complexes. Les installations de stockage GPL en font partie. Cette méthode est détaillée et systématique, ce qui permet d'identifier avec précision les déviations de fonctionnement. Elle permet également d'en comprendre les causes et les conséquences. La méthode HAZOP est donc très utile pour les procédés industriels complexes comme les installations de stockage GPL.**)

Ces méthodes servent à identifier les dangers et analyser leurs causes de façon structurée.

B. Les méthodes semi quantitatives

Les méthodes semi quantitatives sont des méthodes mixtes qui combinent souvent l'analyse qualitative et la mise en œuvre d'indicateurs numériques dont le choix permet d'évaluer le degré de criticité des risques ainsi que :

- Matrice de criticité (Risk matrix)
- Indice de risque
- LOPA (Layer of Protection Analysis)

Ces méthodes largement utilisées dans le domaine de l'industrie en santé au travail permettent la hiérarchisation des risques selon l'importance des risques.

C. Les méthodes quantitatives

Les méthodes quantitatives sont des méthodes reposant sur des modèles mathématiques et statistiques pour estimer avec certitude la probabilité d'occurrence et les conséquences des risques identifiés, au nombre desquels nous pouvons citer :

- FTA (Fault Tree Analysis, l'analyse par arbre de défaillance)
- ETA (Event Tree Analysis, l'analyse par arbre d'événements),
- Simulation de Monte Carlo
- Analyse de Markov
- Analyse bayésienne

I.4 Description de la méthode HAZOP :

I.4.1 Historique :

L'Institut britannique des produits chimiques industriels (ICI) a officiellement déclaré l'adoption de l'analyse HAZOP dans sa méthode d'examen depuis le début des années 1970 pour évaluer les risques. Sécurité des infrastructures de traitement chimique. L'analyse HAZOP constitue une technologie avancée, et plusieurs logiciels sont disponibles pour optimiser le processus. La méthode d'analyse HAZOP originale est propre à l'ICI. À la suite de la tragédie de Flixborough, une étude sur l'utilisation d'un Produit chimique a été réalisée, consécutivement au décès de 28 personnes.

Ce produit était vraisemblablement utilisé dans le secteur de la chimie industrielle.. Les secteurs de l'alimentation et de l'eau ont également été affectés, les risques potentiels étant significatifs mais de nature distincte, les préoccupations étant principalement axées sur la contamination plutôt que sur les explosions ou les émissions de substances chimiques. (*Hazard Analysis Techniques for System Safety, n.d.*)

I.4.2 Objectifs :

Le principal objectif de la méthode HAZOP est d'identifier les défaillances techniques et opérationnelles qui se succèdent et peuvent provoquer des incidents indésirables. Dans notre pratique, la méthode HAZOP évalue chaque sous-ensemble ou composant d'un système défini et analyse les conséquences potentielles d'un fonctionnement déviant des conditions normales du système.

Le fondement de l'étude HAZOP repose sur les séances de réflexion collaborative. Lors de ces sessions, une équipe multidisciplinaire examine de façon systématique les différents composants du Project. L'analyse suit une démarche structurée qui allie rigueur méthodologique et créativité. L'équipe identifie ainsi toutes les déviations possibles et leurs effets. (*Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies) : Application Guide, 2016*)

I.4.3 Principe :

La méthode HAZOP repose sur le principe d'une analyse systématique et structurée des déviations potentielles par rapport aux conditions normales de fonctionnement au sein d'un système industriel. Le procédé est ainsi divisé en plusieurs parties appelées nœuds (Nodes), puis chaque partie est étudiée à l'aide de mots-guides (Guide words) tels que : plus, moins, absence ou inverse, afin d'identifier toutes les déviations possibles. Ensuite, chaque déviation est analysée en termes de causes potentielles, de conséquences et d'impacts sur la sécurité et l'exploitation, avec la proposition de mesures préventives et correctives appropriées pour réduire les risques. Par ailleurs, cette méthode repose sur le travail collectif d'une équipe pluridisciplinaire, ce qui permet d'assurer une analyse complète et précise, et d'améliorer ainsi le niveau de sécurité et de fiabilité des systèmes industriels. ([Hazard Analysis Techniques for System Safety, n.d.](#))

I.4.4 Les paramètres étudiés :

Les paramètres sont les variables, composants ou activités spécifiques au processus examiné.

Le choix des paramètres dépend du système étudié, mais les sources citent les exemples suivants :

Variables de base : Débit (Flow), Pression, Température, Niveau.

Chimie et physique : Réaction, Composition, Viscosité, Phase, Taille des particules, Mélange, Agitation.

Opérations : Temps, Séquence, Vitesse, Ajout, Séparation.

Systèmes et contrôle : Signal, Mesure, Contrôle, pH, Communication, Démarrage/Arrêt, Diagnostic, Services (utilités).

I.4.5 Les mots-clés HAZOP (Mots-guides)

Les mots-guides sont des termes simples utilisés pour générer des déviations significatives par rapport à l'intention de conception initiale.

Mots-guides standards :

Non (No/None) : Rien de l'intention de conception n'est réalisé.

Plus (More) : Augmentation quantitative d'un paramètre.

Moins (Less) : Diminution quantitative d'un paramètre.

Aussi bien que (As well as) : Une activité supplémentaire se produit.

Partie de (Part of) : Seule une partie de l'intention est réalisée.

Inverse (Reverse) : L'opposé logique de l'intention se produit.

Autre que (Other than) : Substitution complète ou activité inhabituelle.

Mots-guides additionnels : "Où d'autre", "Avant/Après", "Tôt/Tard" et "Plus vite/Plus lentement". (*HAZOP Manual & Guide To Best Practice 2021* [\[1\]](#), n.d.)

Mots-guides	Signification
Non (No/None)	Rien de l'intention de conception n'est réalisé.
Plus (More)	Augmentation quantitative d'un paramètre.
Moins (Less)	Diminution quantitative d'un paramètre.
Aussi bien que (As well as)	Une activité supplémentaire se produit.
Partie de (Part of)	Seule une partie de l'intention est réalisée.
Inverse (Reverse)	L'opposé logique de l'intention se produit.
Autre que (Other than)	Substitution complète ou activité inhabituelle.
Mots-guides additionnels	« Où d'autre », « Avant/Après », « Tôt/Tard » et « Plus vite/Plus lentement ».

Tableau I.1 Les mots-clés HAZOP (Mots-guides)

I.4.6 Méthodologie de l'étude HAZOP

La méthodologie HAZOP est une analyse structurée et systématique réalisée par une équipe multidisciplinaire. Elle suit généralement ces étapes :

Définition du "Noeud" (Node) : Le processus est divisé en sections gérables ou étapes séquentielles (pour les processus discontinus/batch) .

Description et Intention de conception : L'équipe définit ce que la section est censée faire et ses limites opérationnelles normales (enveloppe de conception) .

Génération d'une déviation : On combine un paramètre avec un mot-guide (ex : Débit + Non = Pas de débit).

Identification des causes : L'équipe cherche toutes les causes réalistes pouvant mener à cette déviation.

Évaluation des conséquences : On analyse les effets immédiats et différés de la déviation, à l'intérieur et à l'extérieur de la section étudiée.

Examen des protections (Safeguards) : Les dispositifs de sécurité existants (alarmes, déclenchements, événements) sont listés pour évaluer si le risque est acceptable.

Recommandations et Actions : Si les protections sont jugées insuffisantes, l'équipe propose des actions correctives ou des investigations complémentaires.

Enregistrement : Les conclusions sont documentées dans un rapport formel pour assurer le suivi des actions.

Cette approche peut être effectuée selon deux variantes : l'approche "paramètre d'abord" (étudier toutes les combinaisons pour un paramètre donné) ou "mot-guide d'abord".(*HAZOP Manual & Guide To Best Practice 2021* [\[4\]](#), n.d.)

I.4.7 Équipe HAZOP :

Une étude HAZOP est réalisée par une équipe plurielle, qui va examiner le système étape par étape afin d'identifier les anomalies possibles. Cette équipe est composée en général de cinq ou six personnes, car au-delà son efficacité peut diminuer.

L'équipe comporte néanmoins plusieurs rôles importants : le responsable de l'étude (leader) qui anime les échanges, il doit avoir une bonne maîtrise de la méthode HAZOP et faire preuve de neutralité pour l'analyse, le secrétaire (scribe) qui écrit tous les échanges et résultats pendant les réunions, il doit être assez technique pour bien comprendre les échanges.

L'équipe regroupe de plus des membres techniques comme un ingénieur procédés, un ingénieur conception, un responsable exploitation et parfois un opérateur où il a un retour d'expérience sur le terrain. Des spécialistes peuvent être associés, comme un expert sur la sécurité, le contrôle-commande ou la maintenance selon les besoins.

Membres de l'équipe HAZOP	Rôles et responsabilités
Leader (Responsable de l'étude)	Anime les réunions, oriente les discussions et veille au bon déroulement de l'analyse HAZOP. Il doit maîtriser la méthode et rester neutre durant l'étude.
Scribe (Secrétaire)	Assure la rédaction et l'enregistrement des échanges, des observations et des résultats obtenus pendant les réunions.
Ingénieur procédés	Apporte les informations techniques relatives au procédé, aux paramètres opératoires et au fonctionnement de l'installation.
Ingénieur conception	Fournit les données liées à la conception des équipements et des installations étudiées.
Responsable exploitation	Présente les conditions réelles d'exploitation et les procédures opérationnelles appliquées sur le site.
Opérateur	Apporte un retour d'expérience pratique sur le fonctionnement quotidien de l'installation et les problèmes rencontrés sur le terrain.
Expert sécurité	Analyse les aspects liés à la sécurité industrielle et aux mesures de prévention et de protection.
Spécialiste maintenance	Évalue les risques liés aux défaillances des équipements et aux opérations de maintenance.
Spécialiste contrôle-commande	Étudie les systèmes d'instrumentation, de régulation et les dispositifs automatiques de sécurité

Tableau I.2 Équipe HAZOP

I.4.8 Avantages :

La méthode HAZOP peut être une méthode très prisée de l'industrie pétrolière, car elle est fondée sur une approche organisée et structurée de l'analyse des risques, en utilisant des mots-clés associés à des paramètres de fonctionnement pour identifier de manière systématique les déviations.

Elle ne sert pas seulement à détecter les risques en matière de sécurité, mais aussi à repérer des problèmes générateurs de dysfonctionnement du système ou d'altération de la qualité du produit. Acceptant de plus une approche stimulante de ses membres pour les inciter à imaginer et envisager différents scénarios, elle aide à anticiper les incidents.

Elle répond aussi à une attente économique, en permettant à des installations fonctionnant de manière optimale d'éviter des problèmes futurs. Enfin, elle est flexible, car elle peut être appropriée aussi bien à une installation nouvelle qu'à un système fonctionnel. (*HAZOP Manual & Guide To Best Practice 2021* , n.d.)

I.4.9 Limites :

La méthode HAZOP peut être une méthode très prisée de l'industrie pétrolière, car elle est fondée sur une approche organisée et structurée de l'analyse des risques, en utilisant des mots-clés associés à des paramètres de fonctionnement pour identifier de manière systématique les déviations.

Elle ne sert pas seulement à détecter les risques en matière de sécurité, mais aussi à repérer des problèmes générateurs de dysfonctionnement du système ou d'altération de la qualité du produit. Acceptant de plus une approche stimulante de ses membres pour les inciter à imaginer et envisager différents scénarios, elle aide à anticiper les incidents.

Elle répond aussi à une attente économique, en permettant à des installations fonctionnant de manière optimale d'éviter des problèmes futurs. Enfin, elle est flexible, car elle peut être appropriée aussi bien à une installation nouvelle qu'à un système fonctionnel. (*HAZOP Manual & Guide To Best Practice 2021* , n.d.)

I.5 Conclusion :

À travers l'étude réalisée dans ce chapitre, il apparaît que la méthode HAZOP constitue l'un des outils les plus adaptés pour l'analyse des risques des procédés industriels, notamment dans les systèmes thermo-hydrauliques. Reposant sur une approche systématique et pluridisciplinaire, elle permet d'identifier les déviations de fonctionnement, d'évaluer leurs causes et conséquences, et de proposer les mesures de prévention et de protection appropriées, s'inscrivant ainsi dans une démarche cohérente de management de la sécurité et de suivi des barrières destinées à réduire les risques. Ces fondements méthodologiques constituent le socle sur lequel s'appuiera l'application développée dans les chapitres suivants

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE
L'ENTREPRISE ET SITE
D'ETUDE

II.1 Introduction :

Le secteur des hydrocarbures constitue le pilier fondamental de l'économie algérienne, et la région de Hassi R'Mel détient à elle seule environ 10% des réserves mondiales en gaz naturel, ce qui lui confère une importance stratégique considérable aux niveaux national et international.

Ce chapitre a pour objectif de présenter le cadre industriel de l'étude, en commençant par la présentation de SONATRACH en tant qu'opérateur national, suivie d'une description du champ gazier de Hassi R'Mel avec ses trois zones de production, pour aboutir enfin au Centre de Stockage et de Transfert Facilités CSTF, avec la présentation de ses principales installations et de ses procédures d'exploitation adoptées.

II.2 Description du champ Hassi R'Mel :

II.2.1 Présentation de la région de Hassi R'Mel:

La région de Hassi R'Mel détient environs 10% des ressources mondiales en gaz naturel, positionnant l'Algérie au cinquième rang mondial des pays producteurs de gaz. Elle satisfait ses propres besoins et fournit une partie de l'Europe en gaz sec, GPL et condensât, des produits très qualitatifs qui sont traités au niveau des raffineries avant d'être vendus ou envoyés vers l'industrie pétrochimique.

Hassi R'Mel se situe à environ 525Km au sud d'Alger entre la ville de Ghardaïa et Laghouat et à une altitude de 760m environ (figure 1). Cette région se caractérise par :

- 1 .Un climat sec ,
- 2 .La pluviométrie moyenne annuelle en été 115mm, et en hiver 9-200mm .
- 3 .Une humidité relative moyenne de 19% en été et 34% en hiver .
- 4 .La température à Hassi R'Mel varie entre 5°Cet 45°C .
- 5 .La Tempête de sable : des vents violents qui soulèvent le sable et les particules de poussières à une hauteur d'environ 110m au-dessus du sol pendant plusieurs heures ce qui réduit la visibilité à moins de 15m. Les tempêtes de sables sont caractéristiques des équilibres d'infiltration et d'érosions.

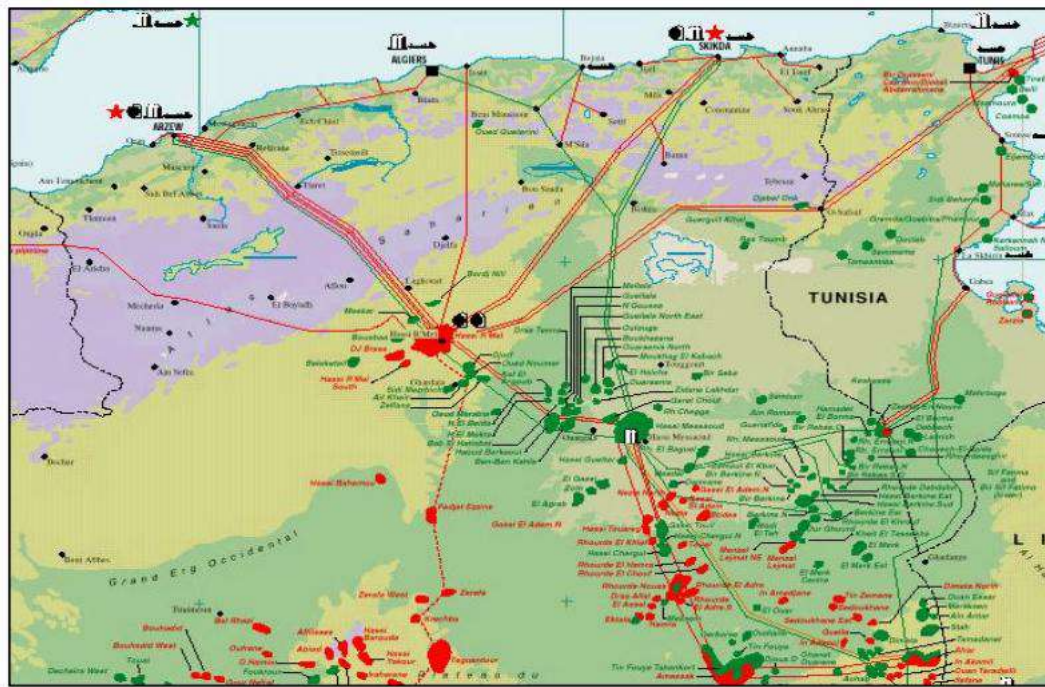


Figure II-1 Représentation géographique du champ Hassi R'Mel

II.2.2 L'exploitation du champ de Hassi R'Mel:

De par la forme géométrique, la nature de l'effluent ainsi que l'homogénéité du réservoir de champ HR, il a été procédé un schéma d'exploitation alterné constitué de trois zones de productions (Nord, Centre et Sud) intercalées de deux stations (de camp. et d'inj) comme sur (la 2). et les zones industrielles de Hassi R'Mel se résument comme suite:

A. La zone Centre:

Elle compte 03 modules (0, 1,4) une phase B (commune) et un CSTF. Ces modules étant alimentés par les puits de centre.

Le module (0) comporte deux trains identiques et indépendants d'une capacité de production

- 30Mm³/j de gaz sec
- 1300Tm/j de GPL
- 6100Tm/j de condensât

Dans le module (1) se trouvent 03 trains identiques d'une capacité de production globale de traitement de :

- 60 millions m³/jour de gaz sec
- 2400 tonnes/jour de GPL
- 6100 tonnes/jour de condensât

Le module (4) comporte trois trains identiques et indépendants d'une capacité de production globale de traitement de :

- 60 millions m³/jour de gaz sec
- 700 tonnes/jour de GPL
- 11200 tonnes/jour de condensât

B. La zone Nord :

Le module (3) alimenté par les puits du nord comporte trois trains identiques et indépendants d'une capacité de traitement de

- 60 millions/m³ jour de gaz sec
- 2700 tonnes/jour de GPL
- 11800 tonnes/jour de condensât

La station de compression et de réinjection nord qui est de 9 millions m³/jour et composée de 18 turbomachines.

C. La zone Sud :

Le module (2) identique au module (3) qui est alimenté par les puits de Sud, la station de compression et de réinjection sud ainsi identique à la station nord. CTG Djebell Bissa composant courant de traitement de gaz brut d'une capacité de traitement de 4 millions m³/jour. CTH-Sud composant courant de traitement d'huile/ HR-Sud composant courant de traitement de gaz brut d'une capacité de traitement de 4 millions m³/jour

Figure II-

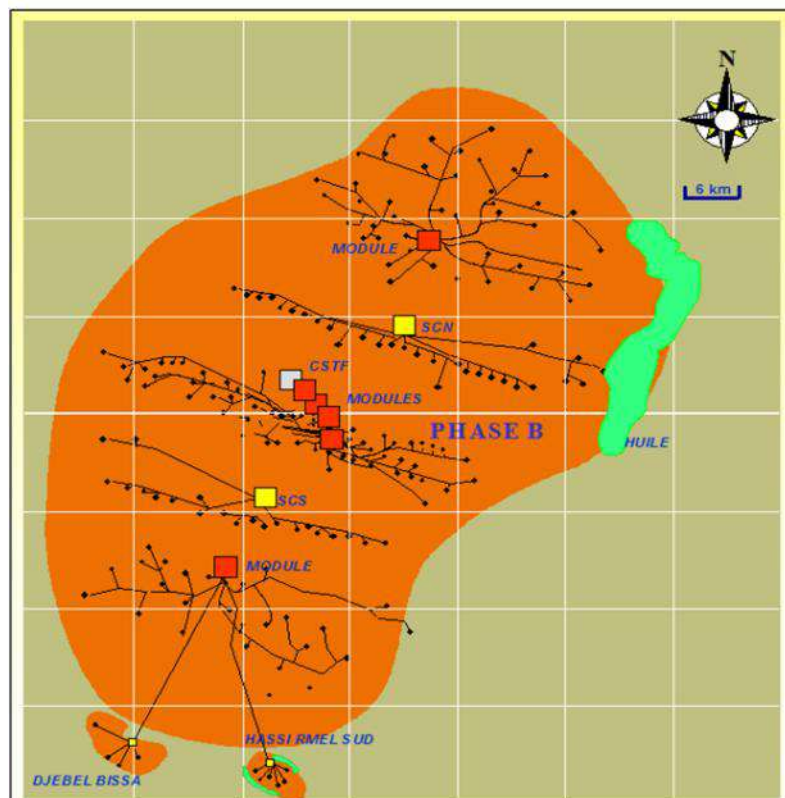


Figure II-2 Champ gazier de Hassi R'Mel

II.2.3 Organigramme de la Direction Régionale de HASSI R'MEL :

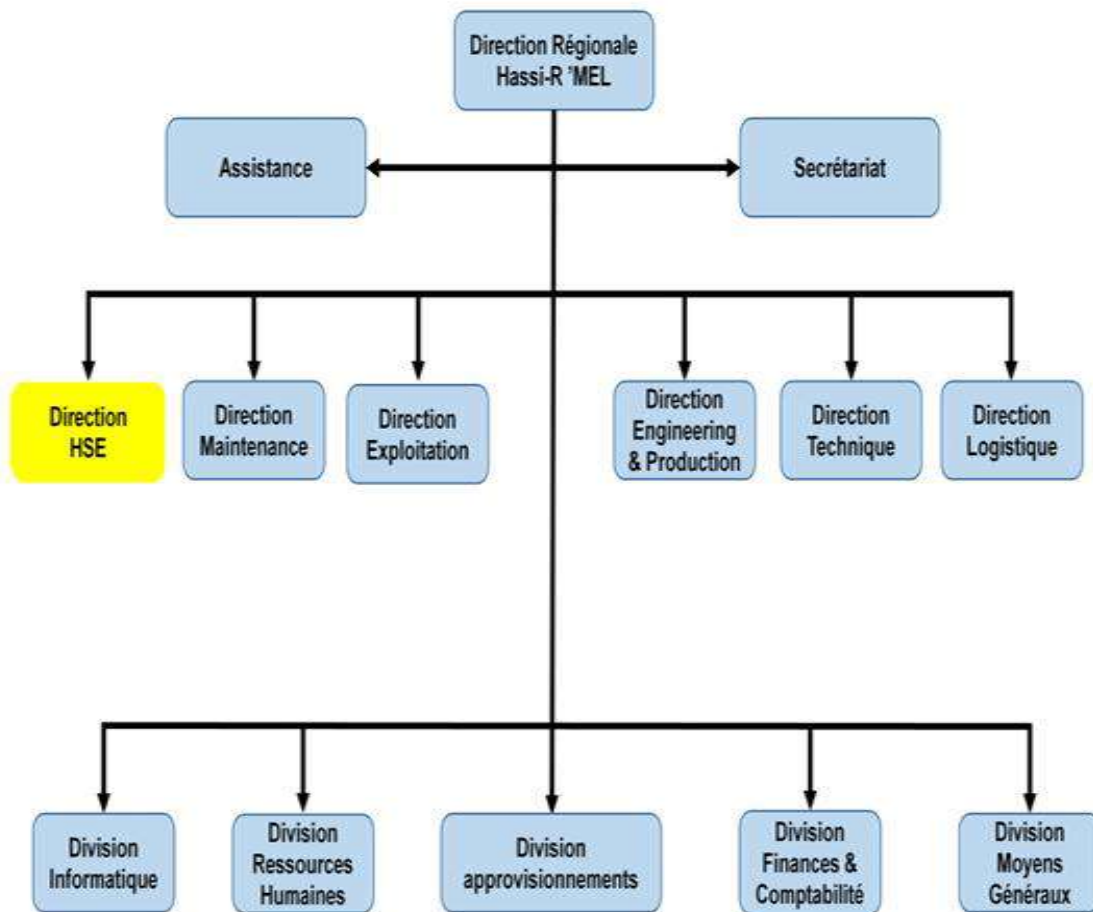


Figure II-3 Organigramme de la Direction Régionale de HASSI R'MEL

II.3 Historique de SONATRACH

La Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures

« SONATRACH » a été créée en vertu du décret n°63-491 en date du 31 Décembre 1963. Elle avait comme mission d'élaborer et de préparer la réalisation des études préalables à la construction des moyens de transport, terrestre ou maritime, d'éventuels hydrocarbures liquides ou gazeux.

En 1966, tous les périmètres d'activité pétrolière sont étendus.

Le 24 Février 1971, la nationalisation des Hydrocarbures intervient.

En 1981, lancement des actions de modernisation (groupe pétrolier international).

• Missions principales :

Sous l'autorité d'un président directeur général, l'administration de « SONATRACH » a pour mission :

Le développement et la sauvegarde des systèmes d'alimentation en énergie du pays.

- La reconstitution et l'ampliation des réserves en hydrocarbures.
- L'intensification des efforts d'exploitation et valorisation des études réalisées dans ce secteur pour parfaire la connaissance du sous-sol et faire apparaître l'ampleur des réserves d'hydrocarbures.
- La diversification des marchés et des produits à exploiter.
- L'approvisionnement national en énergie.
- L'adaptation de l'outil de commercialisation aux exigences du marché national de l'énergie pour mieux adapter ses modalités et ses modalités de conditionnement des hydrocarbures.
- La modernisation des techniques de gestion nationale par la formation continue. (Mémoire de fi d'étude (Laib Youcef et Mizat Khaled))

II.4 Description du CSTF :

Le but du CSTF est de faire le stockage du GPL et du condensat issus des modules de traitement de gaz MPP 0, I, II, III, IV et du centre de traitement de gaz Djebel Bissa ainsi que le transfert de ces deux produits vers le terminal d'ARZEW à l'aide des deux oléoducs LZ1 et NZ1 La capacité totale de stockage du CSTF est de 78000 m³ de GPL et de 285000 m³ de Condensât.

II.4.1 Localisation du site CSTF et installations voisines :

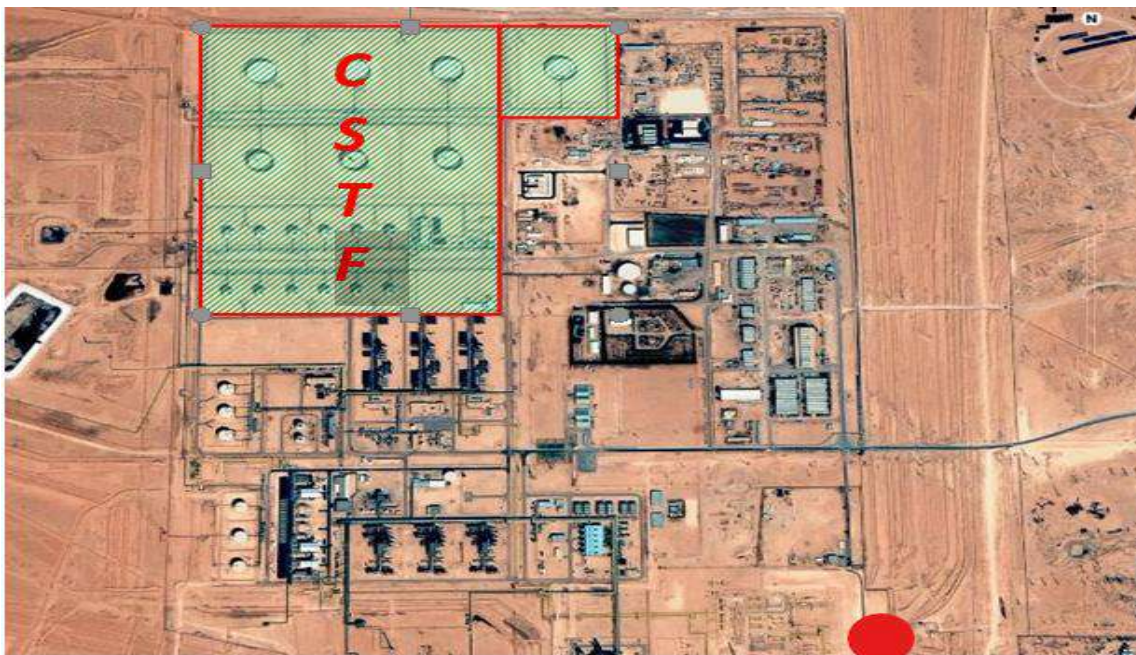


Figure II-4 Centre de Stockage et de Transfert Facilités CSTF

II4.2 Principales installations de stockage :

Le Centre de Stockage et de Transfert Facilité CSTF dispose 12 Sphères de stockage de GPL et 07 Bac de stockage du Condensât désignées dans le tableau suivant :

Identification du réservoir de stockage	Désignation	Capacité en m³
Sphère de stockage GPL	50-T001	6500
Sphère de stockage GPL	50-T002	6500
Sphère de stockage GPL	50-T003	6500
Sphère de stockage GPL	50-T004	6500
Sphère de stockage GPL	50-T005	6500
Sphère de stockage GPL	50-T016	6500
Sphère de stockage GPL	60-T001	6500
Sphère de stockage GPL	60-T002	6500
Sphère de stockage GPL	60-T003	6500
Sphère de stockage GPL	60-T004	6500
Sphère de stockage GPL	60-T005	6500
Sphère de stockage GPL	60-T006	6500
Bac de stockage Condensât	50-T006	45000
Bac de stockage Condensât	50-T007	45000
Bac de stockage Condensât	50-T008	45000
Bac de stockage Condensât	50-T009	45000
Bac de stockage Condensât	S-101A	35000
Bac de stockage Condensât	S-101B	35000
Bac de stockage Condensât	S-101C	35000

Tableau III1 Principales installations de stockage CSTF

Le CSTF est composé en trois sections :

- Section de stockage et de transfert du GPL
- Section de compression du GPL
- Section de stockage et de transfert du condensat

II4.3 Description du fonctionnement du site de Stockage et de transfert du GPL :

Le site destiné au stockage et au transfert du GPL, à savoir le gaz de pétrole liquéfié, comporte les installations indiquées ci-après :

- D'une part, 12 sphères, à capacité nominale de 6500 m³ chacune, retenant une capacité totale de stockage de l'ordre de 78000 m³,
- D'autre part, 6 pompes boosters P001 (ou P001 A/B/C/D/E/F) ayant un débit de 165 m³/h à P = 15 à 18 bar chacune dont 3 pompes, P001 C/D/E, ont une deuxième fonction de transfert entre sphères, ce qui autorise bien des désarticulations du cycle,
- 3 pompes P002 A/B/C, d'un débit de 350 m³/h à P = 25 à 34 bar chacune, ont pour mission d'expédier vers la ligne de raccordement de 24'', récupérant le produit à une pression normale de 8 bar pour un débit de 350 m³/h,
- 5 groupes turbocompresseurs à turbine et compresseur de gaz, autant que 12 aéroréfrigérants du GPL.

II4.3.1 Section du stockage et transfert du GPL :

a) Mode normal de fonctionnement :

En mode normal de fonctionnement, le GPL sortant des modules passe par l'unité de comptage du GPL avant de rejoindre le pipeline après avoir été pompé par la pompe de pipeline. Si la pression d'aspiration de la pompe est suffisamment élevée, négligeable proportion de GPL est stockée dans des sphères de stockage. Les vannes de remplissage des sphères de stockage du GPL sont alors toujours ouvertes.

b) Modes de remplissage et de vidange :

Lorsque le GPL des modules ne peut être transféré en raison d'un arrêt du pipeline, d'une anomalie de la pompe ou d'une faible demande de SONATRACH TRC, il est stocké dans les sphères de stockage. Après remise en service du pipeline ou de la pompe, le GPL contenus dans les sphères de stockage est transféré en évitant l'aspiration de la pompe grâce à un régulateur de débit, après être pressurisé par la pompe de surpression GPL. D'une manière générale, on ne doit pas pomper du GPL en vidange de deux sphères de stockage, de même on ne doit pas faire simultanément du remplissage et de la vidange avec la même sphère de stockage.

c) Pour transférer du GPL entre les sphères de stockage

On transfère le GPL d'une sphère de stockage remplie de GPL à une autre sphère de stockage de maintien, à l'aide des trois pompes (un transfert qui peut se faire en parallèle avec d'autres opérations).



Figure II-5 Centre de Stockage et de Transfert Facilités CSTF

II4.3.2 Section de compression du GPL :

Cette section gère la circulation des gaz qui s'échappent par ébullition à l'intérieur des sphères de GPL sous l'effet de :

- la convection et la radiation thermique de l'atmosphère ;
- l'échauffement des canalisations par pertes de charge dues à des frottements ;
- la différence de température entre le liquide de l'acier et celui qui doit y être introduit.

La vapeur de GPL qui s'échappe par ébullition des sphères GPL est comprimée et refroidie dans un groupe turbocompresseur puis acheminée vers un accumulateur à partir duquel le liquide ressort pour regagner les sphères.

Une opération de remplissage exige au moins deux compresseurs.

Les gaz dégagés par ébullition à l'intérieur des sphères GPL sont envoyés à la torche si, pour une raison ou une autre, les compresseurs ne fonctionnent pas avec le GPL.

II4.3.3 Section de torche:

Le CSTF a une torche de traitement des gaz résiduaire par combustion en cas d'anomalie (système de torche). Le système de torche est composé de collecteurs de torche, d'un dispositif de récupération des brouillards (ballon-tampon, ballon draineur et purgeurs à pompage) et d'une torche

Les gaz résiduaire ne circulent pas dans le système de torche en exploitation normale. Il y a injection de gaz combustible en amont du collecteur de torche.

II4.3.4 Section de vide-vite :

L'hydrocarbure liquide déchargé depuis chaque section (à partir de 2 cl de la section du haut) est dirigé vers la fosse de brûlage pour y être brûlé. Cette fosse de brûlage, dédiée au MPP I, se trouve dans la zone du CSTF.

L'hydrocarbure est tout d'abord récupéré dans un ballon tampon, qui permet de le séparer en phase de vapeur – qui peut être évacuée plus facilement hors du MPP – et phase liquide plus dense que la neige – qui parvient plus facilement à brûler le dépôt de neige par densité, après séparation de l'eau. Ce dernier est évacué par la pompe de vidange permettant de pousser l'hydrocarbure liquide dans la fosse de brûlage.

Utilités :

Eau :

- Eau de service
- Eau de sûreté
- Eau de refroidissement
- Eau potable

Air :

- Air en service
- Air instrument.

Ces deux types d'air sont assurés par un compresseur d'air de débit 855 Nm³/h à pression 7 bars.

- Gaz inerte ;
- Système de drainage eau ;
- Système de gaz combustible ;
- Séparateur d'huile ;
- Énergie électrique([*DESCRIPTION CSTF, n.d.*](#))

II.6 Description de la zone de stockage (zone d'étude) :

Dangers Génériques des Matières manipulées dans le GPL de CSTF :

Le Centre de Stockage et de Transfert Facilités (CSTF) assure le stockage et le transfert du GPL et du condensat issus des différentes unités de traitement de gaz de Hassi R'Mel. En raison de la nature inflammable des hydrocarbures manipulés et des conditions de pression des installations, toute fuite ou émission accidentelle dans l'atmosphère peut engendrer des situations dangereuses. Selon l'importance du rejet et les conditions environnementales dominantes, plusieurs phénomènes dangereux peuvent apparaître, tels que les incendies, les explosions ou la formation de nuages inflammables susceptibles d'affecter le personnel, les équipements et l'environnement prédominantes :

- Feu de nuage (Flash Fire)
- Feu de chalumeau (Jet Fire)
- Explosion d'un nuage de vapeur (Vapor Cloud Explosion)
- Explosion de Vapeur en Expansion (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion : BLEVE)
- Effet domino
- Boule de feu (Fireball)
- Feu de nappe (Pool Fire) (SONATRACH SONATRACH Activité Amont Division Production Direction Régionale de Hassi R'mel Centre N° Rapport EP002718 N° 6-3-HRM Centre N° Rév 0 Etude de Dangers Unité CSTF, 2010)

II.7 Conclusion :

À travers ce chapitre, nous avons présenté les principales installations du **CSTF** ainsi que les caractéristiques techniques de la **sphère de stockage GPL 50-T016**. Cette étude a permis de mieux comprendre le fonctionnement du procédé et les équipements associés, constituant ainsi une base essentielle pour **l'application de la méthode HAZOP** dans le chapitre suivant afin d'identifier les risques potentiels liés à l'exploitation de l'installation.

CHAPTRE III : Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL

III.1 Introduction :

Ce troisième chapitre constitue la partie pratique de cette étude, à travers l'application de la méthode HAZOP sur la sphère de stockage de gaz de pétrole liquéfié (GPL) située au niveau du Centre de Stockage et de Transfert Facilités (CSTF) de Hassi R'Mel. Cette partie débute par une présentation technique détaillée de la sphère de stockage et de ses principaux équipements de sécurité, suivie par l'identification et l'analyse des déviations possibles du procédé à l'aide des mots-guides de la méthode HAZOP. L'objectif principal de ce chapitre est de mettre en évidence les risques potentiels liés aux conditions de fonctionnement de la sphère, d'évaluer les conséquences possibles des anomalies sur les installations, le personnel et l'environnement, ainsi que de proposer des mesures de prévention et de protection permettant d'améliorer la sécurité industrielle de l'installation.

III.2 Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016) :

III.2.1 Caractéristiques technique de la sphère 50-T016 :

Paramètre	Caractéristiques techniques de la sphère 50-T016
Désignation	Sphère 50-T016
Diamètre intérieur	23,9314 m
Tolérance de corrosion	3,175 mm
Matériau	SA – 537 CL.2
Pression nominale (PN)	5,34 bar
Température nominale (TN)	21 °C
Pression de calcul	5,98 bar
Température de calcul	-17,8 °C à +93,3 °C
Basse température critique	-17,8 °C
Haute température critique	+93,3 °C

Tableau III.1 : Paramètres techniques de la sphère de stockage GPL 50-T016

III.2.2 Équipements de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL 50-T016 :

Équipements de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL 50-T016 sont présentées dans le tableau III.2 suivants :

Équipements de prévention (Prévention)	Équipements de protection (Protection)
Ligne de remplissage 14”	2 Soupapes PSV vers atmosphère
Ligne de vidange 12” calorifugée	2 Soupapes PSV vers torche
Ligne de purge d’eau calorifugée équipée de deux résistances (traçage électrique) contre le givrage	LIA H : alarme haut niveau
Ligne de prise d’échantillon	LZH : alarme très haut niveau
Ligne de récupération des vapeurs GPL (BOIL OFF)	LIA L : alarme bas niveau
2 Indicateurs de pression PG (haut et bas)	LZL : alarme très bas niveau
2 Indicateurs de température TG (haut et bas)	2 Éclairages ATEX (haut et bas)
2 jauges avec indicateur local	Mise à la terre
2 trous d’homme (haut et bas) équipés d’une conduite de vidange	Passerelle d’accès au sommet de la sphère

Tableau III.2 : Équipements de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL 50-T016

III.2.3 Eléments et dispositifs de Sécurité de la Sphère de stockage GPL

III.2.3.1 Unité de compression du GPL (BOIL OFF HOLDING)

Ce dispositif sert à maintenir la pression et la température des sphères de GPL dans une fourchette définie ($P = 5.34$ bars, $T = 21^{\circ}\text{C}$).

Les gaz rejetés par évaporation subissent quatre étapes : Epuration – Compression – Refroidissement – Condensation.

A. Epuration

Les gaz issus de l'ébullition des sphères GPL ($P = 4,2$ bars – $5,4$ bars) passent par la conduite BOIL OFF vers le ballon épurateur (50-D003) (2 ballons épurateurs) pour :

- récupérer le liquide GPL condensé et les renvoyer vers les sphères à l'aide des pompes de récupération GPL (P005),
- c'est surtout un élément très important pour la sécurité du compresseur puisqu'il élimine les fractions liquides du GPL à l'aspiration du compresseur.

B. Compression

Evidemment, les gaz GPL sont ensuite traités dans le compresseur (50-K002) (5 compresseurs GPL) entraîné par une turbine à gaz, dans les conditions suivantes :

Aspiration : Pression = $4,2 - 5,4$ bars, Température = 21°C

Refoulement : Pression = $19,7$ bars, Température = 83°C

C. Refroidissement

Suite à l'opération de compression, les vapeurs GPL se retrouvent à une température plus élevée, elles sont donc dirigées vers les aéroréfrigérants (50-E001) (12 aéroréfrigérants) d'où leur température tombe jusqu'à 54°C .

D. Condensation :

Les vapeurs GPL entrent ensuite dans l'accumulateur (50-D004) (2 accumulateurs), la détente provoque le passage dans l'accumulateur du liquide en bas de l'accumulateur qui est alors envoyé définitivement vers les sphères.

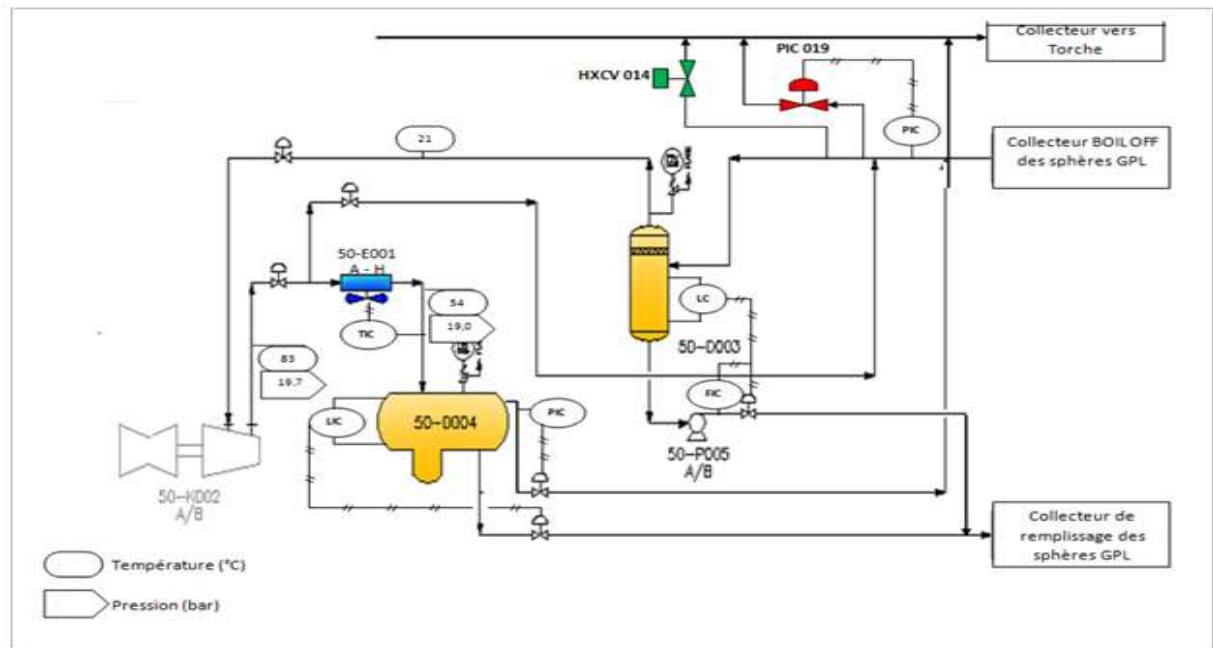


Figure III.1 Unité de compression du GPL (BOIL OFF)

III.2.3.2 La vanne PIC 019 vers torche

Cette vanne est ouverte de façon automatique lorsque la pression dans la sphère dans la conduite de BOIL OFF atteint 5,5 Kg/Cm² pendant le fonctionnement du compresseur de GPL ; elle permet de faire évacuer les gaz dégagés par ébullition vers torche

III.2.3.3 La vanne HXCV 014 vers torche

Cette vanne (TOR) est commandée par l'exploitant depuis la salle de contrôle, elle est utilisée dans les conditions extrêmes d'exploitation (défaillance des compresseurs et de la vanne PIC-019), généralement, il est préférable d'éviter l'ouverture de cette vanne afin d'éviter de perdre du GPL vers torche.

III.2.3.4 Soupapes PSV vers torche :

Pour chaque sphère deux soupapes PSV assurent la circulation des gaz vers torche lorsque la pression dans la sphère atteint 5,98 Kg/Cm²

III.2.3.5 Soupapes PSV ver atmosphère :

Installées sur partie haute de chaque sphère, ces deux soupapes PSV s'ouvrent pour faire évacuer les gaz vers l'atmosphère lorsque la pression à l'intérieur de la sphère monte jusqu'à 6,28 Kg/Cm².

III.2.3.2.6 Vannes pneumatique de la ligne de vidange et d'alimentation de la sphère :

Les lignes de remplissage et de vidange sont dotées à chaque fois de deux vannes montées en série. La première placée directement sous les réservoirs est toujours ouverte ; elle joue

uniquement le rôle de sécurité. La seconde placée à la limite de la cuvette est normalement manœuvrée durant l'exploitation.

- Pour la vanne de sécurité de remplissage : elle ferme automatiquement en cas de :
 - Alarme « très haut niveau » de la sphère
 - Manque d'air instrument
- Pour la vanne de sécurité de vidange : elle ferme automatiquement en cas de :
 - Alarme « très bas niveau » de la sphère
 - Manque d'air instrument

Ces vannes à sécurité positive (fermeture en cas de manque d'air) sont asservies au système d'alarme. Hors exploitation, elles sont fermées, assurant ainsi l'isolement du réservoir par rapport aux autres parties de l'installation.

Elles sont également en liaison avec un petit réservoir secondaire d'air conférant 30 minutes d'autonomie sur la pression d'air en cas de manque d'air.

Un clapet anti retour est monté sur la tuyauterie de remplissage pour éviter les vidanges accidentelles des réservoirs en cas de rupture de tuyauterie.

En plus des éléments de sécurité déjà évoqués chaque sphère GPL comporte les instrumentations de sécurité suivantes :

- Les jaugeurs posés sur les sphères, ont pour objectif de contrôler le niveau maximum de remplissage, qui, s'il est atteint, déclenche l'alarme dans l'unité, ce qui évite le risque de sur remplissage.
- **LIA H** : alarme haut niveau : 19 m.
- **LZH** : alarme très haut niveau : 20 m Déclenchement : fermeture de la vanne de sécurité de remplissage (FC).
- **LIA L** : alarme bas niveau : 1,5 m.
- **LZL** : alarme très bas niveau : 0,86 m Déclenchement : arrêt de la pompe booster et fermeture de la vanne de sécurité de vidange (FC).

Ces informations permettent aux exploitants dans la salle de contrôle d'effectuer les mesures adaptées et d'intervenir à temps.

II2.3 Equipements de la sphère de stockage GPL 50-T016 :

- A. Ligne de remplissage 14’’
- B. Ligne de vidange 12’’ : calorifugée
- C. Ligne de purge d’eau : calorifugée et équipée de deux résistances (tracage électrique) pour éviter le givrage de la conduite
- D. Ligne de prise d’échantillon
- E. Ligne de récupération des vapeurs GPL : BOIL OFF
- F. 2 Soupapes PSV vers atmosphère
- G. 2 Soupapes PSV vers torche
- H. 2 Trou d’homme : un trou en bas et l’autre en haut équipés d’une conduite de vidange
- I. 2 Indicateurs de pression PG (haut et bas)
- J. 2 Indicateurs de température TG (haut et bas)
- K. 2 jauges avec indicateur local
- L. LIA H : alarme haut niveau
- M. LZH : alarme très haut niveau
- N. LIA L : alarme bas niveau
- O. LZL : alarme très bas niveau
- P. 2 Eclairages ATEX haut et bas
- Q. Une mise à la terre
- R. Une passerelle pour accès au sommet de la sphère

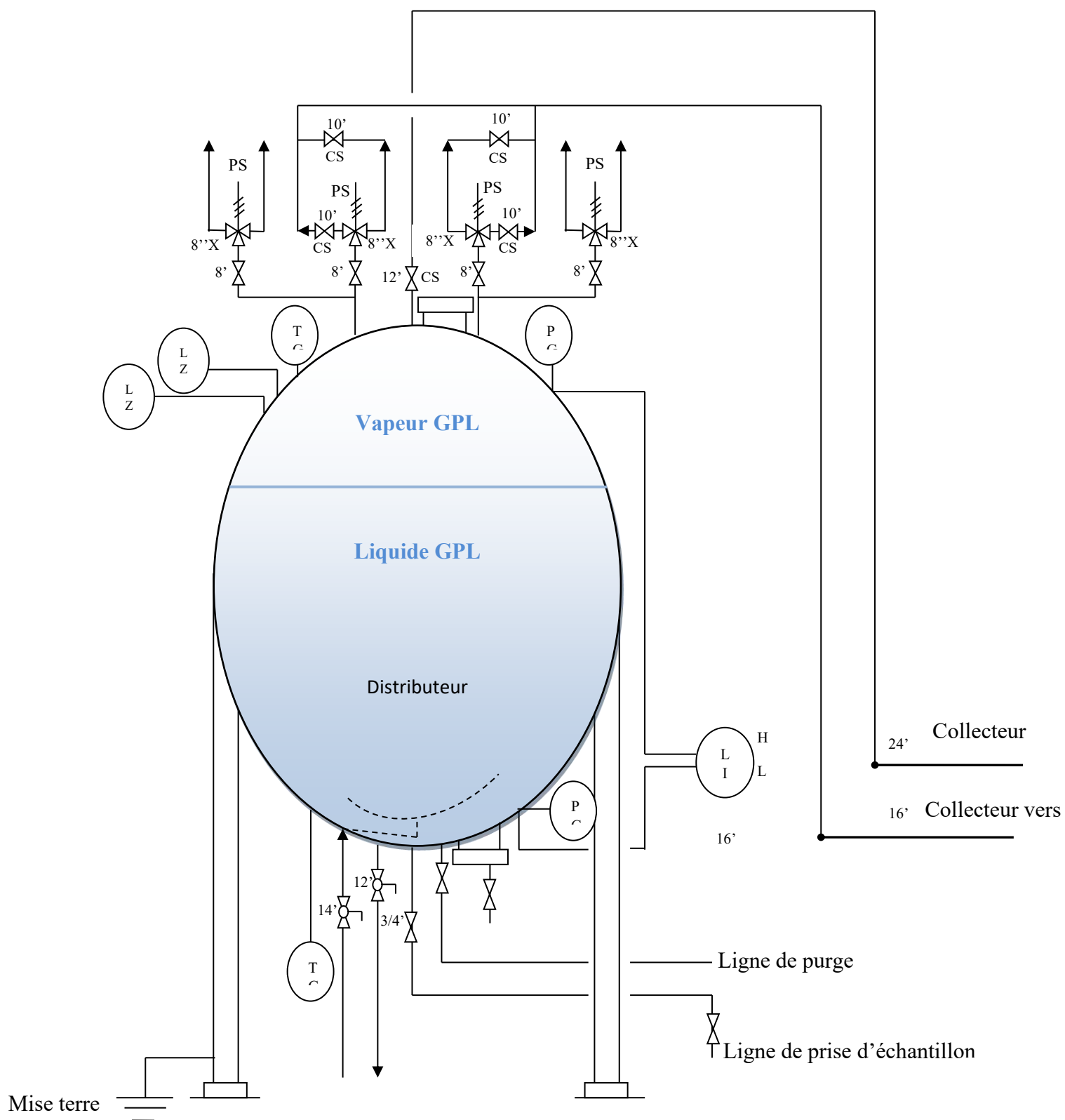


Figure III.2 : Equipements de la sphère

III.3 Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL:

La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) est une technique d'analyse des risques utilisée pour identifier de façon préventive les dangers et les problèmes de fonctionnement pouvant apparaître dans un procédé industriel. Cette méthode est dite inductive et structurée, car elle permet d'étudier systématiquement les différentes situations susceptibles de provoquer des incidents, même en l'absence d'un retour d'expérience ou d'accidents antérieurs.

Le principe de la méthode repose sur une analyse détaillée du procédé en le divisant en plusieurs sections appelées « nœuds d'étude ». Chaque nœud est ensuite examiné à l'aide de mots-clés, tels que More, Less, No, Reverse ou As well as, afin de mettre en évidence les déviations possibles par rapport aux conditions normales de fonctionnement. Ces déviations sont analysées selon différents paramètres du procédé, notamment la pression, la température, le débit ou encore le niveau. L'objectif est d'identifier les causes probables, les conséquences éventuelles ainsi que les moyens de prévention et de protection adaptés. L'intérêt majeur de cette méthode réside dans sa capacité à anticiper les scénarios accidentels graves, même en l'absence d'un retour d'expérience concret, ce qui en fait un outil de prévention essentiel dans les installations à haut risque telles que les unités de stockage de GPL. (*Hazard and Operability Studies (HAZOP Studies) : Application Guide*, 2016)

Dans le cadre de cette étude, la méthode **HAZOP** a été appliquée à **la sphère de stockage GPL 50-T016** du **CSTF** afin d'identifier les déviations susceptibles d'affecter le fonctionnement normal de l'installation. L'analyse a porté sur les principaux paramètres opératoires tels que **la pression, la température, le niveau et le débit**, dans le but de déterminer les causes des anomalies, leurs conséquences potentielles sur les équipements, le personnel et l'environnement, ainsi que les mesures de prévention et de protection nécessaires pour assurer la sécurité de l'installation.

Projet	Analyse des risques d'une sphère de stockage GPL selon la méthode HAZOP
Site	CSTF Hassi R'Mel
Installation	Zone de stockage GPL
Équipement	Sphère GPL 50-T016
Nœud	Nœud 01 – Sphère de stockage GPL
Date de l'étude	09/05/2026
Réalisé par	BEN BELGHIT maamar– HEMAZA makhlouf–MAMMIR ben salem _ TS exploitation– TS Instrumentation
Mode d'exploitation	Fonctionnement normal

Tableau III.3 Fiche d'identification de l'étude HAZOP

<i>Pramatre</i>	<i>Mot clé</i>	<i>Déviaton</i>	<i>Causes</i>	<i>Conséquences</i>	<i>Préventions</i>	<i>Protection</i>	<i>Recommandations</i>
Niveau	Plus de	Haut niveau	-Défaillance de la vanne de remplissage et la vanne de vidange (UZV091 ET 092) -Défaillance de LAH034 -Absence opérateur	-Risques d'explosion (BLEVE). -Fuite de GPL -Pertes financières	-LAH034 -Opérateur		-Vérification périodique des alarmes de niveau -Maintenance préventive des vannes -Renforcement de la surveillance pendant le remplissage -Installation d'un système d'arrêt automatique
	Moins de	Basse niveau	-Défaillance (ouverture) de la vanne de vidange -Défaillance (bloquée fermée) de vanne de remplissage. -Fuite à la bride de fond de la sphère -Défaillance de LAL034	Vidange totale de la sphère et risque de cavitation. L'endommagement des pompes d'export Formation d'un nuage gazeux explosible -Explosion du nuage gazeux de GPL avec fatalités	-Inspection décennale des lignes et de la sphère -LAL034 -Opérateur -Personnel formé	-Couronnes de refroidissement -POI -Ignifugeage des supports de la sphère + demi- sphère -Canons à mousse sur site	-Réaliser des essais fonctionnels des Alarmes -Renforcer les procédures de surveillance -Prévoir une maintenance systématique des équipements critiques

Chapitre III : Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL

			-Absence Opérateur	(UVCE) -Pertes financiers			-Installer une redondance des capteurs de niveau
Température	Plus de	Température élevée	-Exposition au soleil -Surpression -Défaillance système de refroidissement -Défaillance instrumentation température	-Feu de sphère GPL -Blessures opérateurs -Augmentation de pression dans la sphère -Ouverture soupape de sécurité -Perte de confinement GPL -Risque BLEVE	-Distance de sécurité entre les sphères -Contrôle température et pression -Inspection régulière	-Détection gaz -Couronne de refroidissement -Canons incendie fixes -Soupape de sécurité -Réseau incendie -Plan d'intervention interne (PII)	-Formation des agents d'intervention -Tarage périodique des soupapes -Vérification système refroidissement -Renforcement surveillance exploitation
	Moins de	Température basse	-Températures hivernales Instrumentation défaillante Dérive du process	Dysfonctionnement - instrumentation Givrage des lignes GPL Mauvais contrôle du procédé Baisse de pression dans la sphère GPL	-Fiabiliser le sécheur d'air instrument -Respecter les conditions d'exploitation -Vérification des vannes	Port des EPI Moyen de lutte incendie POI	Contrôle périodique instrumentation Maintenance préventive

Chapitre III : Application de la méthode HAZOP sur Une sphère de stockage GPL

Pression	Plus (More)	Haute pression	- Feu dans la zone extérieure de la sphère -Débit de remplissage Excessif -Défaillance la vanne de régulation UZV 091 et UZV 092 -Défaillance la vanne HXCV014 -Défaillance la capture LZH 034	-Risque de BLEVE des sphères avec nombreuses fatalités -Émission de GPL vers torche -Libération de GPL vers ATM -Rupture de la sphère	-Vanne régulatrice PIC019 5.5 vers torche -Vanne HXCV 014 vers torche (2) PSV. 032A PSV 032B (torche) (2) PSV 30A ; PSV30B(ATM) - Système alarme PA056	-Réseau d'eau anti-incendie -Couronnes de refroidissement des sphères -Détecteurs de gaz avec alarme en salle de contrôle -Zones ATEX (atmosphère explosif) -POI	-Vérification périodique et maintenance préventive des vannes de régulation UZV 091, UZV 092, HXCV014 et PIC019 -Test fonctionnel régulier de la capture LZH 034 - Remplacement du système semi-automatique de déluge par un système entièrement automatique déclenché par les détecteurs de chaleur et de flamme dans la zone des sphères. -Vérification périodique du tarage des soupapes PSV
----------	-------------	----------------	---	--	---	--	--

	Moins de	Basse pression	-Défaillance (bloquée ouverture) de la vanne de vidange -Défaillance (bloquée fermée) de vanne de remplissage -Rupture de ligne de GPL au refoulement des pompes P002 -Défaillance la Capture LZ1 034	-Diminution de la pression de sphère -Zone ATEX inflammation / explosion -Cavitation des pompes de remplissage -Arrêt distribution de GPL -Pollution environnementale -le phénomène de givrage	-Procédures et consignes d'exploitation et de sécurité -Contrôle journalier des équipements -Alarme bas niveau LIAL -Alarme très bas niveau LAL 034 avec déclenchement (arrêt pompe) -Capture LZ1 034 -PGO88 (indicateur basse pression)	-Réseau d'eau anti-incendie -Détecteurs de gaz avec alarme en salle de contrôle -Zones ATEX (atmosphère explosif) -Moyens matériels mobiles du secteur Centre	-Inspection régulière des lignes GPL au refoulement des pompes P002 - Maintenance préventive des vannes de vidange et de remplissage -Test fonctionnel périodique de la capture LZ1 034 -Surveillance renforcée des zones ATEX pour prévenir tout risque d'inflammation -Contrôle périodique de l'état des brides et raccords des lignes GPL
--	----------	----------------	--	---	---	--	--

Tableau III.4 HAZOP sur Une sphère de stockage GPL 50-T016

III.4 améliorations :

Afin d'améliorer le niveau de sécurité de la sphère de stockage GPL et de réduire les risques d'accidents industriels, plusieurs améliorations techniques peuvent être proposées.

1) Installation d'un système SIS

Nous proposons l'installation d'un système SIS, indépendant du DCS, équipé de capteurs de niveau et de pression (LSHH, LSSL,) ainsi que de vannes d'arrêt automatique (ESDV). En cas de dépassement dangereux du niveau ou de la pression, le système arrête automatiquement la sphère GPL afin de réduire le risque de BLEVE, conformément à la norme IEC 61511 avec un niveau de sécurité SIL 2.

2) Mise en place d'un système de mur d'eau

Il est proposé de développer un système de canon à eau spécialisé, capable de former un mur d'eau cohérent grâce à un flux continu projeté à pression régulière, dans le but de fournir une barrière temporaire à déploiement rapide pouvant être utilisée dans plusieurs domaines, notamment la lutte contre les incendies, le contrôle des foules et la création de zones de refroidissement sur le terrain. Ce système se distingue par son caractère respectueux de l'environnement, sans impact durable, tout en offrant un contrôle total sur la direction et l'intensité du flux selon les exigences de chaque situation.

3) Utilisation des drones pour la surveillance des installations

L'utilisation des drones industriels représente une solution efficace pour surveiller les zones dangereuses et détecter rapidement les éventuelles fuites de GPL. Grâce aux caméras thermiques et aux capteurs embarqués, les drones permettent d'effectuer des inspections dans les zones difficiles d'accès tout en réduisant l'exposition du personnel aux risques.

Cette technologie peut également améliorer les opérations de contrôle et de maintenance préventive des installations.

4) Intégration de l'intelligence artificielle dans les systèmes de sécurité

L'intégration des technologies d'intelligence artificielle dans les systèmes de sécurité industrielle pourrait améliorer la prévention des accidents. En analysant les données de fonctionnement des équipements en temps réel, ces systèmes peuvent détecter les anomalies et prévoir certaines défaillances avant qu'elles ne provoquent un incident.

Cette approche permettrait d'optimiser la maintenance préventive, d'améliorer la surveillance des installations et de renforcer la fiabilité globale du système de stockage GPL.

III.5 Conclusion :

Ce chapitre a permis de réaliser une étude de risques appliquée à la sphère de stockage GPL 50-T016 du CSTF de Hassi R'Mel. Grâce à la méthode HAZOP, les principales déviations et les risques critiques liés au fonctionnement de l'installation ont été identifiés. L'analyse a également permis d'évaluer les conséquences possibles des anomalies sur les équipements, le personnel et l'environnement. Les résultats obtenus montrent l'importance des systèmes de prévention, de protection et de la surveillance continue afin d'assurer la sécurité des installations et de limiter les risques industriels.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude, il apparaît que les installations de stockage du GPL au niveau du CSTF représentent des équipements sensibles nécessitant une surveillance permanente en raison des risques liés à la présence d'hydrocarbures inflammables sous pression. L'analyse des risques industriels constitue ainsi un élément essentiel pour garantir la sécurité des installations, du personnel et de l'environnement.

Dans ce travail, la méthode HAZOP a été appliquée à la sphère de stockage GPL afin d'identifier les déviations possibles du fonctionnement normal du procédé. Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs situations dangereuses pouvant résulter de défaillances techniques, d'erreurs humaines ou de dysfonctionnements des équipements de contrôle et de sécurité. L'analyse des paramètres critiques tels que la pression, la température, le niveau et le débit a également permis d'identifier les causes probables ainsi que les conséquences associées sur les installations et les personnes.

Les résultats obtenus montrent l'importance des dispositifs de prévention et de protection mis en place au niveau du CSTF, notamment les systèmes de détection, les équipements de sécurité et les procédures d'exploitation appliquées. Toutefois, afin de renforcer davantage la maîtrise des risques industriels, il demeure nécessaire d'améliorer la maintenance préventive et prédictive des équipements, de renforcer la formation du personnel et de développer continuellement les moyens de prévention et d'intervention.

Enfin, cette étude confirme l'efficacité de la méthode HAZOP comme outil d'identification et d'analyse des risques dans les installations industrielles pétrolières et gazières. Elle constitue également une base de travail pouvant être approfondie par de futures études portant sur l'amélioration des systèmes de sécurité et la réduction des conséquences des accidents industriels majeurs

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Bouziane HADIDI KABKOUB Mohamed REBHI R, D. N. (n.d.). *République Algérienne Démocratique et Populaire الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية* Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique *الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية* *وزارة التعليم العالي والبحث العلمي* UNIVERSITE YAHIA FARES *جامعة يحيى فارس* DE MEDEA FACULTE DE TECHNOLOGIE Département du Génie *المدينة* des procédés et environnement Filière : Hygiène Et Sécurité Industrielle Spécialité : Hygiène Et Sécurité Industrielle Thème Réalisé Par : Encadré par
- De L', M., Supérieur, E., Vue De L'obtention, E. N., & Diplôme, D. U. (n.d.). *RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE.*
- DESCRIPTION CSTF. (n.d.).
- ed6481 (1). (n.d.).
- GUIDE 51. (n.d.). Retrieved www.iso.ch
- Hazard Analysis Techniques for System Safety. (n.d.).
- Hazard and operability studies (HAZOP studies) : application guide. (2016). International Electrotechnical Commission.
- HAZOP Manual & Guide To Best Practice 2021 . (n.d.).
- L'ANALYSE DES RISQUES Direction générale Humanisation du travail Direction générale Contrôle du bien-être au travail Division des études juridiques, de la documentation et du contentieux. (2009). <http://www.emploi.belgique.be>
- Le Roy, A. (n.d.). *Prévention et risques industriels* h Brigitte ANDÉOL-AUSSAGE, INRS, département Expertise et conseil technique h Luc LABORDE, INRS, département Produits d'information. Retrieved www.inrs.fr
- Management du risque-Lignes directrices Risk management-Guidelines NORME INTERNATIONALE ISO 31000. (2018a). www.iso.org
- Management du risque-Lignes directrices Risk management-Guidelines NORME INTERNATIONALE ISO 31000. (2018b). www.iso.org
- Mazouni, M. H. (2018). *Pour une meilleure approche du management des risques : de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision.*
- Nouhed ACHOURI. (2009). *République Algérienne Démocratique et Populaire Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique MÉMOIRE Option : Gestion du Risque.*
- Risk management : risk assessment techniques = Management du risque -Techniques d'appréciation du risque. (2019). International Electrotechnical Commission.
- SONATRACH SONATRACH Activité Amont Division Production Direction Régionale de Hassi R'mel Centre N° Rapport EP002718 N° 6-3-HRM Centre N° Rév 0 Etude de Dangers Unité CSTF. (2010). <http://www.dnv.com>

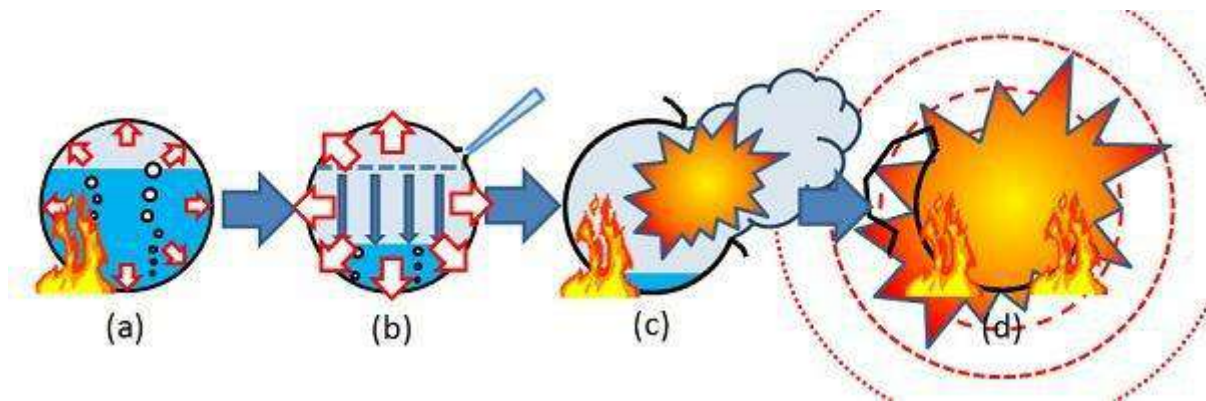
Annex

Processus de réalisation du BLEVE :

Un BLEVE se produit lorsqu'un réservoir contenant un gaz liquéfié éclate. Cela entraîne la libération rapide de vapeur, de liquide en ébullition, de fragments du réservoir (missiles), ainsi qu'une onde de choc.

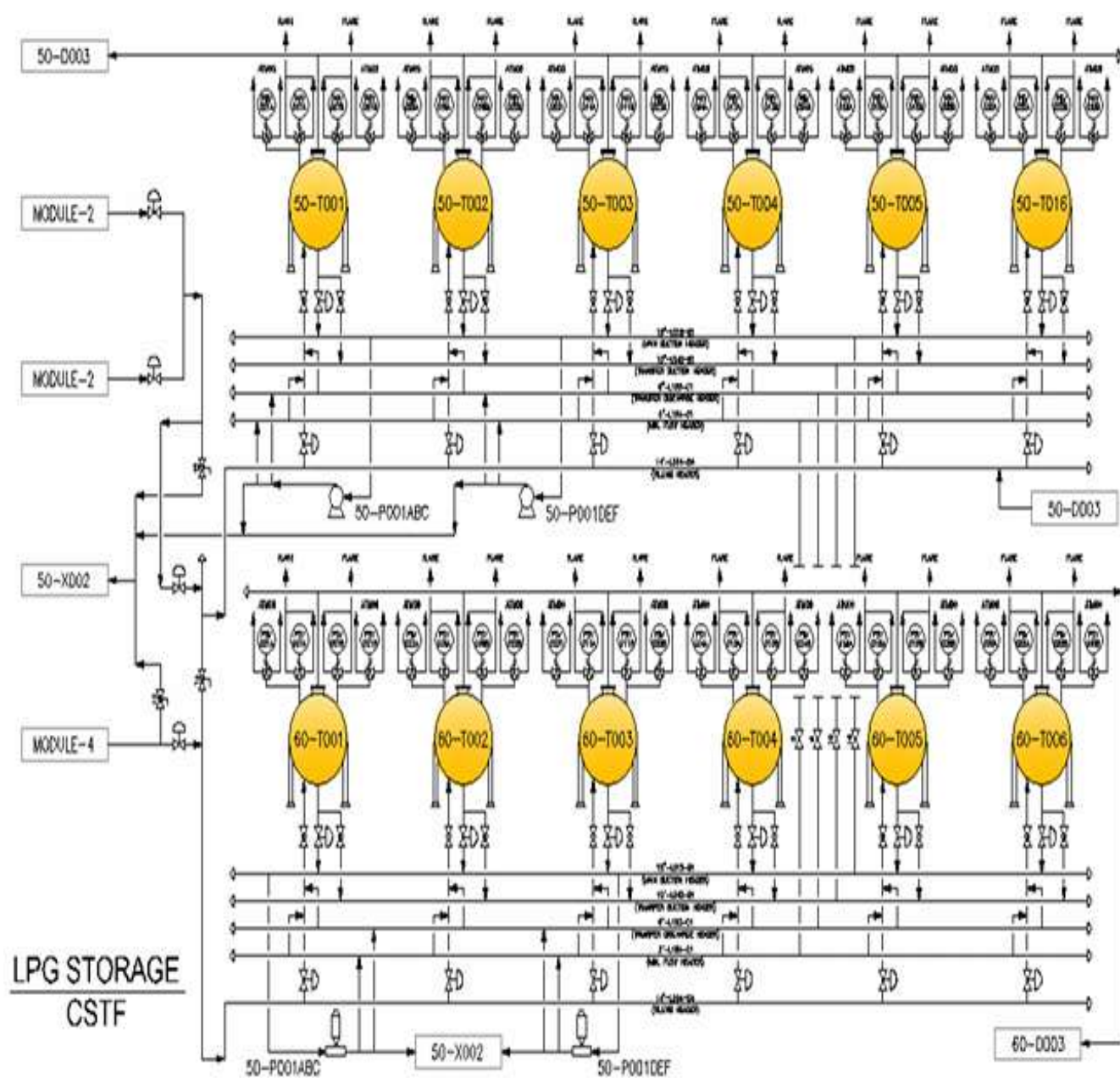
Le BLEVE le plus fréquent arrive quand la paroi du réservoir est chauffée par un incendie. La chaleur du feu passe à travers la paroi et augmente petit à petit la température et la pression à l'intérieur.

Quand la pression devient trop forte, le réservoir se casse soudainement. Cela provoque une vaporisation violente de son contenu.



Annexe B

Section de stockage et de transfert de GPL



Annexe C



Figure la sphère de stockage GPL (50-T016)



Figure PSV ver atmosphère



Figure vanne HXCV 014



Figure turbo compresseur de système de HOLDING



Figure torche

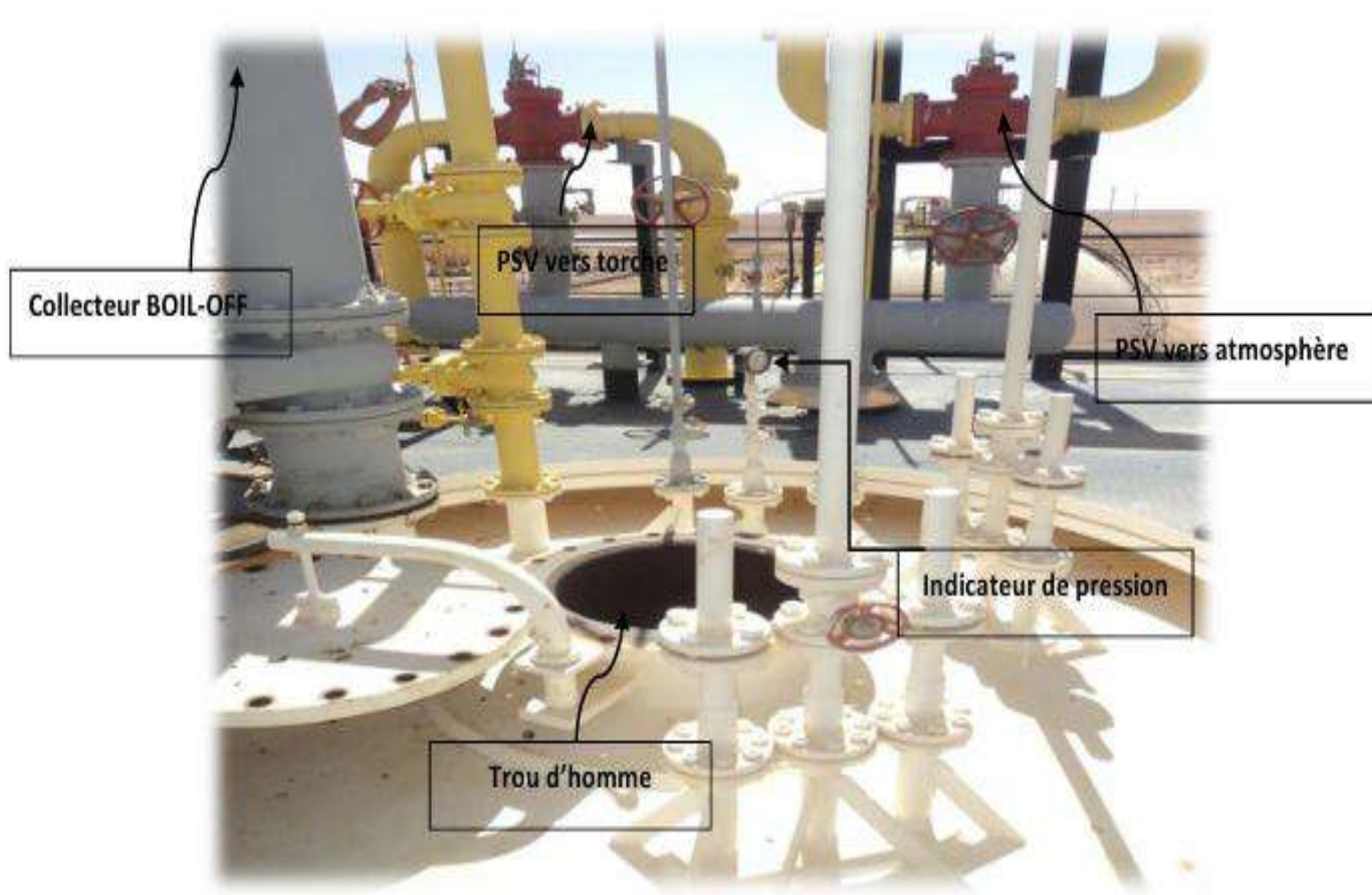


Figure Accessoires en haut de la sphère



Figure Bourbier